COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX-CENT-TRENTE-QUATRIÈME.

JANVIER — JUIN 1952.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1952

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1952

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie.*

MM.

HADAMARD (*Jacques*-Salomon), G. O. ✻.
BOREL (Félix-Edouard-Justin-*Émile*), G. C. ✻, ✠, ✠.
JULIA (*Gaston*-Maurice), G. O. ✻, ✠.
MONTEL (*Paul*-Antoine), C. ✻.
DENJOY (*Arnaud*), O. ✻.
. . . .

Section II. — *Mécanique.*

VILLAT (*Henri*-René-Pierre), O. ✻.
CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. C. ✻, ✠.
PÉRÈS (*Joseph*-Jean-Camille), O. ✻.
VESSIOT (*Ernest*-Paulin-Joseph), C. ✻.
BEGHIN (*Henri*), C. ✻.
ROY (Paul-Mary-Ferdinand-*Maurice*), O. ✻.

Section III. — *Astronomie.*

ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), C. ✻.
MAURAIN (*Charles*), G. O. ✻.
FAYET (*Gaston*-Jules), O. ✻.
CHAZY (*Jean*-François), O. ✻, ✠.
LYOT (*Bernard*-Ferdinand), O. ✻.
DANJON (*André*-Louis), O. ✻, ✠.

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), G. O. ✻, ✠.
DURAND-VIEL (*Georges*-Edmond-Just), G. C. ✻, ✠, ✠.
BARRILLON (*Émile-Georges*), C. ✻.
MARTONNE (*Emmanuel*-Louis-Eugène DE), O. ✻.
COT (*Donatien*), C. ✻.
POIVILLIERS (*Georges*-Jean), O. ✻, ✠.

SECTION V. — *Physique générale.*

MM.
JOLIOT (*Frédéric*), C. ✻.
BECQUEREL (*Jean*-Antoine-Edmond-Marie), C. ✻.
CABANNES (*Jean*), O. ✻, ✠.
RIBAUD (*Gustave*-Marcel), O. ✻, ✠.
LEPRINCE-RINGUET (*Louis*-Marie-Edmond), ✻.
DARMOIS (Émile-*Eugène*), O. ✻, ✠.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie.*

BERTRAND (*Gabriel*-Émile), G. O. ✻.
DELÉPINE (Stéphane-*Marcel*), C. ✻.
LEBEAU (*Paul*-Marie-Alfred), C. ✻.
JOLIBOIS (Médard-*Pierre*), C. ✻, ✠.
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), O. ✻.
DUFRAISSE (*Charles*-Robert), O. ✻.

SECTION VII. — *Minéralogie.*

JACOB (*Charles*-François-Étienne), O. ✻, ✠.
MAUGUIN (*Charles*-Victor), O. ✻.
GRANDJEAN (*François*-Alfred), O. ✻.
MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻.
MICHEL-LÉVY (*Albert*-Victor), C. ✻, ✠.
FALLOT (*Paul*), ✻.

SECTION VIII. — *Botanique.*

BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), C. ✻.
CHEVALIER (*Auguste*-Jean-Baptiste), C. ✻.
SOUÈGES (Étienne-Charles-*René*), ✻.
HEIM (*Roger*-Jean), ✻, ✠.
COMBES (*Raoul*-Pierre-Émile), O. ✻.
HUMBERT (Jean-*Henri*), O. ✻, ✠.

SECTION IX. — *Économie rurale.*

LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻.
LAPICQUE (*Louis*-Édouard), C. ✻, ✠.

MM.
JAVILLIER (Jean-*Maurice*), C. ✻, ✠.
DEMOLON (*Albert*-Omer), O. ✻.
MAYER (*André*), C. ✻.
....

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), C. ✻.
PÉREZ (*Charles*), C. ✻.
ROUBAUD (*Émile*-Charles-Camille), C. ✻.
WINTREBERT (*Paul*-Marie-Joseph), ✻.
FAGE (Baptiste-*Louis*), O. ✻.
GRASSÉ (*Pierre*-Paul), ✻.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

PORTIER (*Paul*), C. ✻.
BINET (*Léon*-René), G. O. ✻, ✠.
LAUBRY (*Charles*), G. O. ✻.
LERICHE (*René*), C. ✻, ✠.
GUILLAIN (*Georges*-Charles), C. ✻.
....

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), C. ✻, pour les Sciences mathématiques.
COURRIER (Marie-Jules-Constant-*Robert*), O. ✻, ✠, pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), C. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), C. ✻.
GUTTON (Antoine-Marie-*Camille*), C. ✻.
DUCLAUX (*Jacques*-Eugène), O. ✻, ✠.
JOLLY (*Justin*-Marie-Jules), O. ✻.
PÉRARD (*Albert*-Gustave-Léon), C. ✻, ✠.
RAMON (*Gaston*-Léon), G. O. ✻.
HACKSPILL (*Louis*-Jean-Henri), O. ✻, ✠.
TRÉFOUËL (*Jacques*-Gustave-Marie), O. ✻.
LACASSAGNE (*Antoine*-Marcellin-Bernard), O. ✻.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

MM.

CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, au Cap Dorat, par Lavaur (Tarn).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Floirac (Gironde).
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), C. ✻, ✠, à Alger.
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Vendresse (Ardennes).
HAAG (*Jules*), O. ✻, à Besançon.
GIGNOUX (*Maurice*-Irénée-Marie), O. ✻, à Grenoble.
LEJAY (*Pierre*), ✻, ✠, à Zi-Ka-Wei (Chine).
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Montpellier.
DEVAUX (*Henri*-Edgard), O. ✻, à Bordeaux.
TEILHARD DE CHARDIN (*Pierre*-Marie-Joseph), O. ✻, ✠, ✠.
DUPOUY (*Gaston*-Léopold), ✻, à Toulouse.
GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✻, à Genève (Suisse).

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

ESNAULT-PELTERIE (*Robert*-Albert-Charles), O. ✻, à Genève (Suisse).
PORTEVIN (*Albert*-Marcel-Germain-René), C. ✻, à Paris.
CHEVENARD (*Pierre*-Antoine-Jean-Sylvestre), O. ✻, à Paris.
BARTHÉLEMY (*René*), O. ✻, à Fontenay-aux-Roses (Seine).
DARRIEUS (*Georges*-Jean-Marie-Eugène), O. ✻, ✠, à Houilles (Seine-et-Oise).
PARODI (*Hippolyte*), O. ✻, ✠, à Paris.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. C. ✻, à Bruxelles.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New-Jersey).
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), C. ✻, à Uccle-Bruxelles.
LUGEON (*Maurice*), G. O. ✻, à Lausanne (Suisse).
BOHR (*Niels* Henrik David), O. ✻, à Copenhague.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Cambridge (Angleterre).
ADAMS (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).
HAAS (*Wander Johannes* DE), O. ✻, à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Woodstock, Oxon (Angleterre).
BLAKESLEE (*Albert Francis*), à Northampton (Massachusetts).
RAMAN (Sir *Chandrasekhara Venkata*), à Bangalore (Indes).

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

DICKSON (*Leonard Eugene*), à Joliet (Illinois).
NÖRLUND (*Niels Erik*), C. ✻, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Moscou.
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
DULAC (*Henri*-Claudius-Rosario), ✻, à Lyon.
VINOGRADOV (*Ivan* Matveevich), à Moscou.
WEYL (*Hermann*), à Zurich.
POLYA (*George*), à Palo Alto (Californie).
SIERPINSKI (*Waclaw*), O. ✻, à Varsovie.
RIESZ (*Frederic*), à Budapest.

SECTION II. — *Mécanique* (10).

ROY (*Louis*-Maurice), ✻, à Toulouse.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), O. ✻, à Malakoff (Seine).
RIABOUCHINSKY (*Dimitri* Pavlovitch), à Paris.
THULOUP (Émile-Adrien-*Albert*), C. ✻, à Grasse (Alpes-Maritimes).
BOULIGAND (*Georges*-Louis), ✻, à Paris.
TIMOSHENKO (*Stephen*), à Palo Alto (Californie).
LERAY (*Jean*), ✻, à Sceaux (Seine).
KÁRMÁN (*Théodore* DE), O. ✻, à Pasadena (Californie).
TAYLOR (Sir *Geoffrey Ingram*), à Cambridge (Angleterre).
COLONNETTI (*Gustavo*), O. ✻, à Rome.

SECTION III. — *Astronomie* (10 + 1).

BOSLER (*Jean*), ✻, à Marseille.
HERTZSPRUNG (*Ejnar*), à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (*Henry Norris*), à Princeton (New Jersey).
JONES (Sir Harold *Spencer*), à Herstmonceux Castle (Angleterre).
SHAPLEY (*Harlow*), à Cambridge (Massachusetts).
DELPORTE (*Eugène*-Joseph), à Uccle-Bruxelles.
STØRMER (Fredrik *Carl* Mülertz), à Vestre Aker (Norvège).

MM.
STRATTON (*Frederick* John Marrian), ✻, à Cambridge (Angleterre).
DAUVILLIER (*Alexandre*-Henri-Georges), à Bagnères (Hautes-Pyrénées).
HUBBLE (*Edwin* Powell), à Mount Wilson (Californie).
LINDBLAD (*Bertil*), à Stockholm.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
POISSON (Victor-Marie-Augustin-*Charles*), ✻, ✠, à Tananarive.
KOCH (*Lauge*), O. ✻, à Copenhague.
ROUCH (*Jules*-Alfred-Pierre), O. ✻, ✠, à Monaco.
MONOD (*André*-Théodore), à Dakar.
HAVELOCK (*Thomas Henry*), à Newcastle on Tyne (Angleterre).
LAMBERT (*Walter Davis*), à Canaan (Connecticut).
PÉLISSIER (*Léon*-Alexandre-Melchior), O. ✻, à Sanary-sur-Mer (Var).
BAULIG (*Henri*), ✻, à Strasbourg.

SECTION V. — *Physique générale* (10).

MILLIKAN (*Robert Andrews*), ✻, à Pasadena (Californie).
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford (Angleterre).
HULUBEI (*Horia*), O. ✻, à Bucarest.
REBOUL (*Georges*-Scipion-Antoine), O. ✻, ✠, à Montpellier.
FORTRAT (*René*-Lucien), ✻, à Grenoble.
HENRIOT (*Émile*-Jean-Charles), ✻, ✠, à Boitsfort (Belgique).
BLACKETT (*Patrick* Maynard Stuart), à Manchester (Angleterre).
KRAMERS (*Hendrik Anthony*), O. ✻, à Oegstgeest (Pays-Bas).
MALLEMANN (*René*-Jean-Gérard-Henri DE), ✻, à Nancy.
ANDRADE (Edward Neville *da Costa*), ✻, à Londres.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

WALDEN (*Paul*), à Gammertingen (Allemagne).
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).
LOCQUIN (Émile-*René*), ✻, à Lyon.
COURTOT (*Charles*-Hippolyte), ✻, à Nancy.
ROBINSON (Sir *Robert*), à Oxford (Angleterre).

MM.
KARRER (*Paul*), à Zurich.
BRINER (*Émile*), ✻, à Genève.
EULER-CHELPIN (*Hans* Karl August Simon VON), à Stockholm.
DESCH (*Cecil Henry*), à Londres.
CORNUBERT (*Raymond*-Alexandre-Louis), O. ✻, à Nancy.

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), C. ✻, à Mathieu (Calvados).
FOURMARIER (*Paul* Frédéric Joseph), ✻, à Liége (Belgique).
BRAGG (Sir *William Lawrence*), à Cambridge (Angleterre).
NIGGLI (*Paul*), à Zurich (Suisse).
DALY (*Reginald Aldworth*), à Cambridge (Massachusetts).
DELÉPINE (*Gaston*-Georges), à Lille.
PRUVOST (*Pierre*-Eugène-Marie-Joseph), O. ✻, à Paris.
PAULING (*Linus* Carl), à Pasadena (Californie).
BESAIRIE (*Henri*-Michel-Édouard), ✻, à Tananarive (Madagascar).
MORET (*Léon*-Marie-Louis), ✻, ✠, à Grenoble.

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

PERRIER DE LA BÂTHIE (Marie-Joseph-*Henri*-Alfred), ✻, à Saint-Pierre-d'Albigny (Savoie).
NICOLAS (Léon-Marie-Joseph-*Gustave*), ✻, à Toulouse.
MERRILL (*Elmer Drew*), à Jamaica Plain (Massachusetts).
BOULY DE LESDAIN (*Maurice*-Léopold-Joseph), à Paris.
BECQUEREL (*Paul*), ✻, à Neuilly (Seine).
LITARDIÈRE (*René*-Jean-Alexandre VERRIET DE), ✻, à Grenoble.
GÄUMANN (*Ernst*), à Zurich.
DANGEARD (*Pierre*-Jean-Louis), ✻, ✠, à Bordeaux.
EMBERGER (*Louis*-Marie), ✻, à Montpellier.
MELIN (Johannes Botvid *Elias*), à Upsal (Suède).

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

MARCHAL (*Émile* Jules Joseph), à Bruxelles.
TSCHERMAK VON SEYSENEGG (*Erich*), à Vienne (Autriche).
WAKSMAN (*Selman* Abraham), à New Brunswick (New-Jersey).
GUINIER (Marie-Joseph-Jean-Baptiste-*Philibert*), C. ✻, à Paris.
HITIER (*Henri*-Joseph-Robert), C. ✻, à Revelles (Somme).
WALLACE (*Thomas*), à Bristol (Angleterre).

MM.

DONATIEN (*André*-Louis), ✻, ✠, à Alger.
PALLMANN (*Hans* Adolf), à Zollikon (Suisse).
FLUCKIGER (*Gottlieb*), à Berne (Suisse).
JORET (François-Louis-*Georges*-Jules), O. ✻, à Amiens.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (Marie-*Paul* DE), O. ✻, à Paris.
ANGEL (*Paul*-Albert), ✻, à Paris.
BEAUCHAMP (Charles-Alfred-*Paul* MARAIS DE), ✠, à Paris.
POLICARD (*Albert*), O. ✻, ✠, à Paris.
HARRISON (*Ross Granville*), à New Haven (Connecticut).
KEILIN (*David*), à Cambridge (Angleterre).
MORTENSEN (*Theodor* Ole Jensen), à Copenhague.
HUXLEY (*Julian* Sorell), à Londres.
DAWIDOFF (*Constantin*), à Sceaux (Seine).
VANDEL (*Albert*-Pôl-Marie), ✻, à Toulouse.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), G. O. ✻, à Lyon.
HOLMGREN (*Israël*), C. ✻, à Stockholm.
REMLINGER (*Paul*-Ambroise), C. ✻, à Tanger (Maroc).
FLEMING (Sir *Alexander*), C. ✻, à Londres.
BÉRARD (*Léon*-Eugène), C. ✻, à Lyon.
GALLAVARDIN (*Louis*-Bénédict), ✻, à Lyon.
ADRIAN (*Edgar Douglas*), ✻, à Cambridge (Angleterre).
HOUSSAY (*Bernard* Albert), O. ✻, à Buenos-Aires.
HEYMANS (*Corneille* Jean François), à Gand (Belgique).
MOURIQUAND (*Georges*-Émile-Jean-Achille-Paul), O. ✻, à Lyon.

SECTION XII. — *Divisions des Académiciens libres et des Applications de la science à l'industrie* (6).

SIEGBAHN (Karl *Manne* Georg), C. ✻, à Stockholm.
WESTGREN (*Arne* Fredrik), à Stockholm.
DELAHU (*Marcel* Jacques Joseph), C. ✻, à Visé (Belgique).
LANGMUIR (*Irving*), à Schenectady (New-York).
. . . .
. . . .

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 2 JANVIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER, PUIS DE M. ALBERT CAQUOT.

M. **Maurice Javillier**, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1951.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er *janvier* 1952.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les fascicules de l'année 1951 ont paru chaque semaine régulièrement.

Les Tables des tomes 226, 227 et 228 (1er et 2e semestres de l'année 1948 et 1er semestre de l'année 1949) sont parues et ces volumes ont été mis en distribution. Les Tables des tomes 229 à 233 sont en préparation.

Le volume des Tables générales pour la période 1895-1910, *Matières*, est en préparation.

Notices et discours. — Le tome 3 est en préparation.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de Tables générales est en voie d'achèvement.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1952 a paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Index biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences. — Une nouvelle édition est en préparation.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1951.

Section de Géométrie. — M. **Élie Cartan**, le 6 mai, à Paris.

Section de Physique générale. — M. **Aimé Cotton**, le 15 avril, à Sèvres, Seine-et-Oise.

Section de Botanique. — M. **Joseph Magrou**, le 10 février, à Paris.

Section d'Économie rurale. — M. **Émile Schribaux**, le 29 octobre, à Paris.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Henri Hartmann**, le 1er janvier 1952, à Paris.

Membres non résidants. — M. **Lucien Cuénot**, le 7 janvier, à Nancy.

Membres élus depuis le 1er janvier 1951.

Section de Phyique générale. — M. **Eugène Darmois**, le 26 novembre, en remplacement de M. **Aimé Cotton**, décédé.

Section de Botanique. — M. **Henri Humbert**, le 3 décembre, en remplacement de M. **Joseph Magrou**, décédé.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Georges Guillain**, le 2 mai, en remplacement de M. **Hyacinthe Vincent**, décédé.

Membres non résidants. — M. **Émile Guyénot**, le 18 juin, en remplacement de M. **Lucien Cuénot**, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Géométrie. — M. **Élie Cartan**, mort à Paris, le 6 mai 1951.

Section d'Économie rurale. — M. **Émile Schribaux**, mort à Paris, le 29 octobre 1951.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Henri Hartmann**, mort à Paris, le 1er janvier 1952.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1951.

Pour la Section de Géographie et Navigation — M. **Frédéric Marguet**, le 2 juin, à Villeneuve-Loubet, Alpes-Maritimes.

Pour la Section de Chimie. — M. **Georges Denigès**, le 20 février, à Bordeaux.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1951.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Gottlieb Fluckiger**, à Berne, le 5 février, en remplacement de M. **Denis Brocq-Rousseu**, décédé.

M. **Georges Joret**, à Amiens, le 5 février, en remplacement de M. **Costantino Gorini**, décédé.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Albert Vandel**, à Toulouse, le 5 novembre, en remplacement de M. **Émile Guyénot**, élu membre non résidant.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Georges Mouriquand**, à Lyon, le 28 février, en remplacement de M. **Émile Jeanbrau**, décédé.

Pour les Divisions des Académiciens libres et des Applications de la science à l'industrie (1) — M. **Manne Siegbahn**, à Stockholm, le 30 avril, en remplacement de Sir **Chandrasekhara Venkata Raman**, élu Associé étranger.

M. **Arne Westgren**, à Stockholm, le 30 avril, en remplacement du R. P. **Pierre Teilhard de Chardin**, élu Membre non résidant.

M. **Marcel Dehalu**, à Visé, Belgique, le 7 mai, en remplacement de M. **Gaston Dupouy**, élu Membre non résidant.

M. **Irving Langmuir**, à Schenectady, New York, États-Unis, le 7 mai, en remplacement de M. **Georges Denigès**, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour les Divisions des Académiciens libres et des Applications de la science à l'industrie (1). — M. **Frédéric Marguet**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, mort à Villeneuve-Loubet, Alpes-Maritimes, le 2 juin 1951.

M. **Maurice Javillier**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Parvenu au terme de ma mission, je ne saurais transmettre la fonction présidentielle sans exprimer d'abord mes chaleureux remerciements à nos éminents Secrétaires perpétuels, avec qui la collaboration fut toujours si parfaitement cordiale et confiante.

(1) Décision du 20 février 1950.

Mes remerciements vont aussi à M. P. Gauja et ses collaboratrices, auprès de qui j'ai trouvé le concours le plus avisé et empressé; à nos appariteurs et gardiens qui remplissent leurs charges avec ponctualité et conscience.

Grâce à cette atmosphère de concorde et de commune bonne volonté, la tâche du Président est bien facilitée. Mais, agréable quand il s'agit d'accueillir un nouveau Confrère ou de signaler quelque succès de l'un de nous, elle est chargée de responsabilité quand il y a lieu de s'exprimer en votre nom en une cérémonie publique, plus encore quand nous sommes appelés à examiner et résoudre certaines compétitions, dans le sentiment de ce qui est juste, de ce qui sert au mieux la Science et notre Compagnie. Elle est hélas! douloureuse quand il faut annoncer le décès de l'un des nôtres, pleine de périls au moment d'honorer sa mémoire comme il convient.

En toutes circonstances, je me suis senti soutenu par votre agissante sympathie et vous en remercie vivement. Son expression m'a été aussi fort sensible quand un sérieux incident de santé m'a éloigné de vous.

En cette place, l'on perçoit avec acuité quels perfectionnements nous pourrions apporter à notre Institution. Dénominations de nos Sections et Sciences à mettre en vedette; communications et attention qu'elles doivent solliciter, d'autres questions encore, ont été évoquées au cours de réunions de notre Bureau. L'avenir assurera les évolutions nécessaires.

A tous j'exprime pour 1952 mes vœux de santé et de succès, espérant qu'ils se réaliseront dans une atmosphère de paix. Cette paix du Monde, que le bon sens et la morale commandent plus que jamais, en vue de laquelle il serait possible aux hommes de bonne volonté de s'accorder sur des formules communes, nous devons tenter de la promouvoir d'un même cœur, avec une volonté tenace, guidés par un haut et pur idéal humain.

Je prie M. Albert Caquot de bien vouloir occuper le fauteuil du Président et M. Auguste Chevalier le fauteuil du Vice-Président [1]. A tous les deux vont notre confiance et notre amitié.

En prenant la Présidence, M. **Albert Caquot** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Je tiens tout d'abord à vous adresser mes remerciements émus pour votre désignation qui témoigne de l'unanimité de votre amitié.

M. Maurice Javillier quitte ce poste après avoir dirigé nos séances avec une autorité à laquelle chacun de nous rend hommage. Je puis vous dire

---

[1] M. A. Chevalier éloigné de Paris ne pourra en fait occuper sa place qu'un peu plus tard.

que son dévouement total à notre Compagnie s'est manifesté en toute circonstance, quelles que soient ses fatigues et ses peines propres.

Comme maître de la Biochimie, il nous a donné, dans la séance annuelle des prix, le fruit de ses profondes réflexions sur la chimie de la vie. En votre nom je lui exprime, avec notre très sincère attachement, notre plus vive gratitude.

Permettez-moi aussi, à la suite de M. Maurice Javillier, après une année passée à votre Bureau, de transmettre votre témoignage de reconnaissance à vos dévoués Secrétaires perpétuels dont la tâche devient sans cesse plus lourde par le développement indéfini de chaque science.

En ce début de l'an 1952, je vous adresse mes vœux les plus cordiaux; ils vont à la réussite de vos recherches et à la prospérité de vos familles, malgré les difficultés primordiales devant lesquelles se trouve placé notre pays.

Vous venez de désigner comme Vice-Président M. Auguste Chevalier qui consacre toute son activité à nous faire mieux connaître les multiples plantes de nos régions d'outre-mer, en les étudiant sur place, même dans leur habitat de la forêt équatoriale. Je serai heureux de pouvoir disposer de sa coopération, particulièrement pour tout ce qui concerne l'Union française.

« *La Situation actuelle et notre Compagnie* ». — Au départ d'une nouvelle période, il convient de jeter le regard en avant, vers la route à suivre.

Notre président, l'an dernier, nous rappelait les buts qui nous sont assignés dès notre fondation : perfectionner les sciences par des recherches, par des publications, par la correspondance avec des savants de toute nation et cela en vue de l'utilité et de la gloire du pays.

L'action de notre Compagnie est d'autant plus efficace qu'elle dispose de moyens plus puissants. Il en est de même à chaque époque pour tout organe intellectuel, et l'épanouissement spirituel de chaque civilisation s'est basé sur une solide prospérité matérielle. Il en fut ainsi dans les périodes de grand développement artistique, littéraire et philosophique à Thèbes, Athènes ou Rome.

Après l'effroyable misère qui fut la conséquence des guerres de religion, les sages administrations de Henri IV et de Sully, puis de Richelieu, entraînèrent la grande stabilité économique des XVIIe et XVIIIe siècles dans notre pays.

Et grâce à celle-ci, savants, écrivains et artistes élevèrent à un haut degré la renommée de la France. Elle fut, pendant cette période, la nation dirigeante dans le domaine spirituel mondial.

Aujourd'hui, notre situation est à nouveau comparable à celle que nous venons de rappeler pour la fin du XVIe siècle, les conséquences directes et

indirectes de deux guerres mondiales ayant de même imposé un niveau de vie très dangereusement bas pour toutes les classes de la nation. L'appauvrissement se poursuit encore et à une allure accélérée.

Cependant, nous disposons d'un potentiel de richesses exceptionnellement favorable.

Nos terres arables fertiles représentent, dans la Métropole, deux fois et demie plus de surface par habitant que celles dont disposent les nations voisines de même importance.

Notre capital géologique de charbon est faible, mais notre revenu disponible annuellement en énergie hydraulique permet la compensation de cette insuffisance, et nous pouvons, en une courte période, établir à sa valeur nécessaire au relèvement, cette énergie fondamentale.

L'Union française couvre sensiblement le dixième des terres émergées, et notre Compagnie est le haut organisme scientifique vers lequel se tournent, dans les cinq continents, les 100 millions d'habitants de cette Union.

Matière et Énergie s'y trouvent avec un volume qui dépasse largement, dans leur ensemble, nos besoins accrus.

Animant ainsi une superficie du monde habité qui se place entre celle des États-Unis d'Amérique et celle de l'U. R. S. S., notre propre civilisation doit retrouver normalement, dans un proche avenir, sa puissance autonome équilibrée sur une valeur plus que triplée.

Nos savants et nos ingénieurs, il y a une cinquantaine d'années, avaient l'initiative de mettre au point les industries, devenues ensuite mondiales, de l'automobile et de l'aviation et faisaient connaître la radioactivité.

A l'heure présente, notre nation a, dans son propre sein, tous les éléments nécessaires à la mise en valeur de notre Union par des efforts autonomes.

Ainsi serait établie à nouveau la fondation matérielle de notre rayonnement spirituel dans le monde, aussi bien pour les Lettres et les Arts que pour la Science.

Il est nécessaire pour cela que l'anémie d'aujourd'hui qui menace si gravement l'économie de notre métropole soit promptement guérie.

Or, pour résoudre un problème, il faut tout d'abord qu'il soit correctement posé.

Ceux d'entre nous, et ils sont nombreux, qui ont vécu dans l'action, les yeux constamment fixés vers le résultat à obtenir, pour le seul bien général, savent la totale puissance de la science pure quand il est fait appel à ses résultats, même les plus fins, en les appliquant strictement et rigoureusement dans le domaine qui leur est propre.

Mais les problèmes de base de l'économie actuelle ne sont pas définis puisqu'ils sont imprécis au point qu'aucune mesure correcte ne peut être appliquée.

Les éléments comptables donnent l'illusion d'une précision extraordinaire puisqu'ils se totalisent fréquemment par dix chiffres significatifs, mais le nombre ainsi formé n'a cependant aucune signification, l'unité n'étant pas fixée.

La France a donné au monde, il y a plus de 150 ans, le système métrique, d'une conception toute cartésienne et, à notre époque, elle accepte de vivre dans un mauvais rêve en donnant un nom à une monnaie sans définition.

C'est de ce songe qu'il convient de l'éveiller par une étude précise et purement objective, afin que cesse le désordre des esprits et des faits.

Considérons, à titre de simple exemple, l'évolution des moyens de notre Compagnie. Protégée par la loi, comme organisme d'utilité publique, elle a l'obligation de confier la gestion de son patrimoine à l'État, mais dans le rêve actuel l'État absorbe son bien.

Les jeunes savants que nous distinguons ne bénéficient plus du centième de l'utilisation formelle des fondations dont des âmes nobles et généreuses nous ont fait don depuis un siècle et demi, fondations qui avaient développé le renom de la Science française dans le monde.

Cependant, l'Institut de France, et spécialement l'Académie des Sciences, peuvent précisément dans cette époque périlleuse, jouer encore un autre rôle essentiel, en effectuant l'étude purement objective qui mettra fin au rêve destructeur.

Toute étude expérimentale ou théorique définit un bilan, en circuit fermé s'il est équilibré, ou avec un certain gain ou avec un certain déficit s'il est ouvert.

Dans les phénomènes à l'échelle de la nation interviennent à la fois des causes systématiques et des causes accidentelles, justiciables du calcul des probabilités avec sa stricte discipline, comme dans la Physique moderne.

Ainsi seront définis les moyens de redressement rapide dont la vue d'ensemble du potentiel nous a montré l'existence certaine.

Dans la dernière et si émouvante notice que notre confrère Henri Villat consacrait à la mémoire de Jules Drach, il rappelait le rôle efficace joué par lui, comme par la plupart des membres de notre Compagnie, dans les conflits mondiaux.

Nous souhaitons tous que notre Compagnie soit surtout saisie, en temps de paix, par les pouvoirs publics « pour l'utilité et la gloire de la France ».

Il y a quelques jours, notre Secrétaire perpétuel Louis de Broglie, en retraçant la vie exemplaire de ce physicien de génie que fut Lorentz, rappelait que son gouvernement n'avait pas hésité à lui confier une tâche difficile, tout à fait en dehors de ses travaux habituels : celle de déterminer les modifications à envisager pour l'onde marée quand la digue du Zuyderzee serait construite.

Le travail fut exécuté d'après les prévisions de ses calculs, sa réussite

permet aujourd'hui à l'Économie hollandaise de se maintenir en un équilibre autonome malgré la densité de sa population.

Actuellement, le Gouvernement et le Parlement nous seront certainement reconnaissants du concours totalement désintéressé de notre Compagnie, s'exerçant dans le cadre de son activité fixée à la fondation de l'Institut de France.

Puisse le programme efficace du relèvement définitif prendre comme pivots le beau, le juste et le bon, comme dans la République de Platon.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Robert Brode**, Professeur à l'Université de Californie, Membre de l'Académie Nationale des États-Unis, qui assiste à la séance.

M. le **Président** annonce qu'il vient d'apprendre le décès de M. **Henri Hartmann**, survenu à Paris, le 1er janvier 1952.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en la prochaine séance.

Après le dépouillement de la Correspondance, la séance sera levée en signe de deuil.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le tenseur énergie-impulsion dans la théorie du champ soustractif.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Reprenant le schéma lagrangien de la théorie du champ soustractif qu'il avait précédemment étudié, l'auteur propose une nouvelle forme du tenseur énergie-impulsion, qui lui paraît préférable à celle qu'il avait précédemment envisagée.

Dans une Note antérieure [1], nous avons envisagé un schéma lagrangien de la théorie du champ soustractif correspondant à la fusion de deux champs de constantes de masses k_1 et k_2. Partant de la forme suivante du Lagrangien

(1) $$\mathcal{L} = \frac{1}{4}\,\frac{1}{k_1^2+k_2^2}\,F^{\alpha\beta}_{\gamma}F^{\alpha\beta}_{\gamma} + \frac{1}{4}F^{\alpha\beta}F^{\alpha\beta} + \frac{k_1^2k_2^2}{k_1^2+k_2^2}A^{\alpha}A^{\alpha},$$

nous avons été conduit aux équations fondamentales entre les champs $F^{\alpha\beta}$ et les potentiels A^{α}

(2) $$F^{\alpha\beta} = A^{\alpha}_{\beta} - A^{\beta}_{\alpha}; \qquad A^{\alpha}_{\alpha} = 0; \qquad F^{\alpha\beta}_{\gamma} + F^{\beta\gamma}_{\alpha} + F^{\gamma\alpha}_{\beta} = 0$$

et

(3) $$\frac{1}{k_1^2+k_2^2}F^{\alpha\beta}_{\beta\gamma^2} - F^{\alpha\beta}_{\beta} + \frac{k_1^2k_2^2}{k_1^2+k_2^2}A^{\alpha} = \frac{k_2^2-k_1^2}{k_1^2+k_2^2}\,j^{\alpha}.$$

[1] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1269.

Les équations (1), (2) et (3) sont écrites en coordonnées d'univers : les indices supérieurs représentent les variances, les indices inférieurs les dérivations ($\partial F^{\alpha\beta}/\partial x^{\gamma} = F^{\alpha\beta}_{\gamma}$). La densité de courant d'univers due à une charge ponctuelle j^{α} est égale à $\rho_0 u^{\alpha}$, ρ_0 étant la densité de charge dans le système propre $\varepsilon\delta(r_0)$ et u^{α} la vitesse d'univers. Nous avons montré que les équations (2) et (3) permettent de retrouver la théorie du champ soustractif sous la forme que nous lui avions donnée.

Puis nous avions indiqué [2] une forme du tenseur $T^{\mu\nu}$ d'énergie-impulsion satisfaisant dans tout l'espace extérieur à la charge ponctuelle à l'équation $T^{\mu\nu}_{\mu} = 0$. Dans le cas du champ statique dû à une charge immobile, l'emploi de ce tenseur conduit aux deux résultats intéressants suivants : 1° la masse propre de l'électron (en supposant $k_1 \simeq 0$) est égale à $e^2 k_2/2c^2$, de sorte que la masse mésonique correspondante à k_2 se trouve égale à 274 la masse de l'électron [3]; 2° les intégrales $\int T^{11} d\tau$, $\int T^{22} d\tau$ et $\int T^{33} d\tau$ sont nulles, ce qui montre que la pression de Poincaré est automatiquement incluse dans le champ soustractif.

En réfléchissant de nouveau à cette question, nous avons été amené à envisager une autre forme possible du tenseur $T^{\mu\nu}$ qui nous paraît préférable à celle que nous avions adoptée. Voici cette forme nouvelle

$$(4)\qquad T^{\mu\nu} = -\frac{1}{k_1^2+k_2^2} F^{\alpha\nu}_{\gamma\gamma} F^{\alpha\mu} + \frac{1}{2}\,\frac{1}{k_1^2+k_2^2} F^{\alpha\beta}_{\mu} F^{\alpha\beta}_{\nu} + F^{\alpha\mu} F^{\alpha\nu} + \frac{k_1^2 k_2^2}{k_1^2+k_2^2} A^{\mu} A^{\nu} - \delta_{\mu\nu}\mathcal{L}.$$

On trouve alors

$$(5)\qquad T^{\mu\nu}_{\nu} = -F^{\alpha\mu}\frac{k_2^2-k_1^2}{k_1^2+k_2^2} j^{\alpha},$$

ce qui, dans le cas d'une charge ponctuelle immobile, donne

$$(6)\qquad -T^{\mu\nu}_{\nu} = +F^{\mu 4}\frac{k_2^2-k_1^2}{k_1^2+k_2^2} j^{4} = E^{\mu}\frac{k_2^2-k_1^2}{k_1^2+k_2^2}\varepsilon\,\delta(r_0) = 0,$$

car, ainsi que M. Bopp l'avait souligné, $E^{\mu}(0) = 0$. Ce résultat est satisfaisant.

Le calcul montre ensuite que la masse propre de l'électron est donnée par la relation

$$(7)\qquad m_0 c^2 = \frac{e^2 k_2}{2},$$

ce qui conduit à prendre pour valeur de la masse mésonique 274 m_0, et que

---

(2) Formule (10) de la Note précitée.

(3) Ce résultat avait été trouvé par Stueckelberg dès son premier travail sur ce sujet (*Nature*, 144, 1939, p. 118) et retrouvé ensuite par Bopp (*Ann. der Physik*, 38, 1940, p. 345).

l'on a $\int T^{11}\, d\tau = \int T^{22}\, d\tau = \int T^{33}\, d\tau = 0$, de sorte que la pression de Poincaré se trouve incluse dans le champ soustractif.

Le tenseur (4) permet donc de retrouver tous les résultats essentiels de notre Note du 28 mars 1951.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Colorants acétyléniques. Étude sur les colorants aminés triarylallyliques; comparaison avec les colorants triarylpropargyliques correspondants.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne, Pierre Barbieri** † et **Bernard Goffinet.**

Suite du parallèle entre colorants acétyléniques et éthyléniques. Étude spéciale des passages réciproques des bases carbinoliques incolores aux colorants. Alors que, par action des alcalis, les colorants acétyléniques ne redonnent que le carbinol initial, les colorants éthyléniques fournissent surtout des mélanges, dont la séparation est en cours d'étude, mais qui, tous, régénèrent intégralement par salification les colorants dont ils proviennent.

Les colorants éthyléniques envisagés précédemment ([1]) ont été obtenus à partir des cinq alcools triaryallyliques aminés I, II, III, IV et V qui en sont les bases incolores. Il est à signaler, cependant, que deux des colorants, ceux qui correspondent aux carbinols III et V, avaient été préparés antérieurement par Wizinger et Renckhoff ([2]) d'une tout autre manière, qui n'implique pas le passage par l'intermédiaire des bases carbinoliques (III et V).

a. Deux de ces bases, I et II, déjà connues, ont été préparées suivant les indications de Gilmann et Kirby ([3]). Les trois autres, III, IV et V, ont été obtenues en faisant agir le paralithien de la diméthylaniline respectivement sur le cinnamate d'éthyle, pour III [*bis* (*p*-diméthylaminophényl) styrylcarbinol ($C_{25}H_{28}ON_2$), F_{inst} 156-157°], la *p*-diméthylaminobenzalacétophénone, pour IV [(*p*-diméthylaminophényl) (*p*-diméthylaminostyryl) phénylcarbinol ($C_{25}H_{28}ON_2$), F_{inst} 131-132°], et enfin le *p*-diméthylaminocinnamate d'éthyle pour V [*bis* (*p*-diméthylaminophényl) (*p*-diméthylaminostyryl) carbinol ($C_{27}H_{33}ON_3$), F_{inst} 148-149°]. Les cinq carbinols sont incolores et stables sous vide, mais, à l'air, ils se colorent progressivement, sans doute par fixation des vapeurs acides. De fait, tous développent une coloration intense au contact des acides, même faibles, tel l'acide acétique, mais, tout comme les aminotriphénylcarbinols auxquels ils s'apparentent [*voir* ([1])], ils n'atteignent pas instantanément leur maximum

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) Ch. Dufraisse et A. Étienne, P. Barbieri, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1977.

([2]) *Helv. Chim. Acta*, 24, 1941, p. 369-E.

([3]) *Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2046.

de teinte, le délai étant de plusieurs minutes à la température ordinaire et beaucoup plus court à l'ébullition de l'acide acétique; aucun ne manifeste de thermochromie. Comme il en est encore pour les colorants triphénylméthaniques et aussi, comme nous l'avons constaté, chez les colorants acétyléniques, l'augmentation de la concentration en ions hydrogène, par exemple par addition graduelle d'acide sulfurique, fait défiler une série de couleurs correspondant aux divers ions formés par blocages successifs des fonctions amines à l'état de sel d'ammonium, le terme final étant une coloration rouge orangé, commune aux cinq colorants et identique, comme nous l'avons vérifié, à celle que donne l'halochromie de l'alcool triphénylallylique simple (IX, où $Ar = C_5H_6$). Par retour en arrière, la succession des teintes se produit en sens inverse et l'on retrouve, pour une acidité faible, la coloration initiale, à la condition, toutefois, de ne pas insister trop sur l'action des acides [5].

b. Un problème particulier était posé par le retour à la base carbinolique incolore sous l'action des alcalis, pour les acétyléniques tout comme pour les éthyléniques.

Si l'on se réfère aux formules limites définissant l'état de résonance du cation coloré, on voit que deux des carbones de la chaîne tricarbonée, ceux des extrémités, peuvent revendiquer l'un et l'autre la récupération de l'anion OH^- (formules XII et XIII, d'une part, XVI et XVII, d'autre part), pour former les dérivés hydroxylés des types respectifs : VI et VII, IX et X. Mais ici apparaît une différence essentielle entre les colorants acétyléniques et les éthyléniques. Les premiers, en effet, ne peuvent aboutir à une base capable de régénérer le même colorant que si l'hydroxyle va au carbone porteur des aryles géminés (formule XII) pour former un carbinol tertiaire de type VI; sur le carbone secondaire (formule XIII), l'hydroxyle donnerait l'énol VII, tautomère d'une cétone VIII, dont nous avons constaté qu'elle ne redonnait pas le colorant acétylénique par les acides. Le fait est, d'ailleurs, aisé à prévoir, si l'on se rappelle qu'une liaison acétylénique ne se forme pratiquement jamais par déshydratation : or, le passage du sel d'une aminocétone de type VIII à l'ion acétylénique de type XII impliquerait précisément la création d'une triple liaison par un processus de déshydratation. Non seulement ces aminocétones de type VIII ne donnent pas avec les acides les colorants de type XII, mais elles ne manifestent même pas de propriétés halochromes marquées, ce qui est fort singulier, comme nous l'avons souligné pour l'une d'entre elles [6].

---

(4) Ch. Dufraisse, A. Étienne et P. Barbieri, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1043.

(5) Les transformations qui se produisent alors sont en cours d'étude.

(6) Ch. Dufraisse, J. Lefrancq et P. Barbieri, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 69, 1950, p. 380.

Au contraire, les colorants éthyléniques doivent se régénérer indifféremment à partir de l'un quelconque des deux corps hydroxylés possibles (type IX ou X), c'est-à-dire quel que soit celui des carbones qui a capté l'hydroxyle, puisque l'on obtient dans les deux cas un carbinol, IX et X, déshydratable ultérieurement par les acides avec production intermédiaire, au moins formelle, de l'une ou de l'autre des deux structures limites XVI et XVII du colorant.

I : $(CH_3)_2N{-}C_6H_4(C_6H_5)C(OH){-}CH{=}CH{-}C_6H_5$

III : $[(CH_3)_2N{-}C_6H_4]_2C(OH){-}CH{=}CH{-}C_6H_5$

V : $[(CH_3)_2N{-}C_6H_4]_2C(OH){-}CH{=}CH{-}C_6H_4{-}N(CH_3)_2$

II : $(C_6H_5)_2C(OH){-}CH{=}CH{-}C_6H_4{-}N(CH_3)_2$

IV : $(CH_3)_2N{-}C_6H_4(C_6H_5)C(OH){-}CH{=}CH{-}C_6H_4{-}N(CH_3)_2$

VI $Ar_2C(OH){-}C{\equiv}C{-}Ar$ ⟶ VII $Ar_2C{=}C{=}C(OH){-}Ar$ ⟶ VIII $Ar_2C{=}CH{-}CO{-}Ar$

IX $Ar_2C(OH){-}CH{=}CH{-}Ar$ ⇄ X $Ar_2C{=}CH{-}CH(OH){-}Ar$ XI $Ar_2C{=}C{=}CH{-}Ar$

[XII ⟷ XIII ; XIV ⟷ XV ; oubien ⊕ — cas des colorants monoaminés — ⊕]⊕ (structures limites des colorants acétyléniques $(CH_3)_2N{-}C_6H_4{-}C(Ar){-}C{\equiv}C{-}C_6H_4{-}N(CH_3)_2$)

[XVI ⟷ XVII ; XVIII ⟷ XIX ; ou bien ⊕ — cas des colorants monoaminés — ⊕]⊕ (structures limites des colorants éthyléniques $(CH_3)_2N{-}C_6H_4{-}C(Ar){-}CH{=}CH{-}C_6H_4{-}N(CH_3)_2$)

Expérimentalement, traités par les alcalis, les colorants acétyléniques régénèrent tous, avec d'excellents rendements, le carbinol tertiaire acétylénique initial; [*voir* ([4])] la fixation de l'hydroxyle sur le carbone monoarylé secondaire, qui donnerait l'énol VII, n'a pas lieu sous l'action des alcalis, sinon on la reconnaîtrait par le passage irréversible à la cétone VIII. Celle-ci ne se forme que par l'action des acides, c'est-à-dire par un mécanisme tout différent. Autrement dit, les colorants acétyléniques ne régénèrent leurs bases carbinoliques incolores que sous la forme XII.

Avec les colorants éthyléniques, les choses se présentent d'une manière

généralement moins nette, sauf dans le cas du carbinol II qui est régénéré presque intégralement par action des alcalis sur le colorant. Le carbinol III n'est plus retrouvé, au milieu des résines, que dans la proportion de 25 %. Quant aux trois autres, I, IV et V, on n'obtient à leur place que des résines refusant de cristalliser, même avec amorçage.

Ces résines doivent contenir, en principe, outre un peu de carbinol tertiaire initial, de type IX, des proportions de l'isomère secondaire, de type X, suffisantes pour empêcher le premier de cristalliser. Une étude est en cours pour effectuer la séparation de ces corps. En attendant, nous avons établi que, cristallisable ou non, le produit incolore résultant de l'action des alcalis sur le colorant régénérait intégralement le même colorant par une nouvelle acidification. Les dosages ont été effectués par spectrophotométrie (appareil enregistreur de Cary), c'est-à-dire qu'ils comportaient, en outre, le contrôle de l'identité du colorant; les taux de régénération ont oscillé, pour les cinq colorants, entre 94 et 97 %. Nous sommes donc fondés à penser que le carbinol secondaire de type X, sensiblement aussi apte que son isomère tertiaire IX à former le cation coloré XVI à XIX, est un constituant du mélange de bases incolores résultant de la neutralisation du colorant, sans exclure, toutefois, la présence éventuelle d'autres formes halochromes, l'allène correspondant, XI, par exemple. L'opération dans son ensemble revient à la classique transposition allylique, IX $\rightleftharpoons$ X, singulièrement facilitée présentement par le passage total à l'état de cation dont les deux formes mésomères XVI et XVII correspondent justement aux deux carbinols isomères IX et X.

A l'inverse des colorants acétyléniques, les colorants éthyléniques régénéreraient ainsi les bases carbinoliques incolores par réaction, non plus sous une seule forme mésomère, mais au moins sous deux, en l'espèce les formes XVI et XVII.

BIOLOGIE. — *L'évolution des chromosomes dans les ovocytes de Batraciens.* Note (*) de M. **Émile Guyénot** et Mme **Mathilde Danon**.

Pendant la longue période de quiescence des ovocytes, les chromosomes sont dépourvus de désoxyribonucléoprotéides et forment, à plusieurs reprises, des «poils» qui traduisent l'activité synthétique des gènes.

Nous étudions depuis trois ans les chromosomes des ovocytes de Batraciens (Triton, Grenouille) pendant la période d'accroissement et de vitellogenèse, en utilisant la méthode des coupes histologiques, l'examen des noyaux sortis de la cellule avec le microscope ordinaire ou à contraste

(*) Séance du 19 décembre 1951.

de phase, enfin l'examen des chromosomes eux-mêmes au microscope électronique. Nous donnons ici un tableau d'ensemble de nos observations, dont le détail sera publié ultérieurement.

Après la prémeiose, les ovocytes présentent des chromosomes bien colorables, donnant la réaction de Feulgen, jusqu'au moment où le noyau mesure environ 20 μ et l'ovocyte 35 à 40 μ. Passé ce stade, les chromosomes deviennent peu distincts. Sur coupes, ils ne sont reconnaissables que parce qu'ils sont jalonnés par une série de points colorables ou chromomères qui ne sont d'ailleurs pas formés de chromatine et ne donnent plus la réaction de Feulgen. Ces points deviennent de plus en plus rares et petits; le chromosome est finalement invisible, mais peut être révélé à l'aide du microscope électronique : il s'agit d'un filament très fin, représentant le chromonème axial nu ou présentant çà et là quelques épaississements.

L'absence de réaction de Feulgen montre que le chromosome perd rapidement son revêtement de chromatine [1]. Il y a cependant quelques ovocytes qui montrent encore des chromosomes très nets, très colorables, à réaction de Feulgen positive, dans des noyaux de 40 à 70 μ. Ces chromosomes se groupent souvent par deux en formant des synapses avec points de croisement. Toutefois, ces ovocytes atypiques, dont les chromosomes gardent leur revêtement de chromatine, ne présentent jamais de vitellogenèse et sont destinés à dégénérer.

Dans les ovocytes normaux, les chromosomes nus, formés de deux chromatides, commencent à se couvrir de « poils » courts et droits que l'on observe dans les noyaux de 65 à 100 μ (chromosomes plumeux des auteurs). Bientôt, ces poils s'allongent, deviennent flexueux; ils présentent une succession de points plus sombres analogues à des chromomères. Examinés au contraste de phase, les chromosomes isolés montrent avec la plus grande netteté ce revêtement de poils qui s'agitent sous l'influence du mouvement brownien et peuvent subir un allongement considérable par étirement. Au microscope électronique, ces poils offrent une structure particulière, étant formés d'éléments disposés en chaîne et faisant saillie à droite et à gauche, suivant une alternance assez régulière. Certaines de ces productions, attachées au chromosome par deux extrémités correspondant peut-être aux deux chromatides étroitement accolées, forment des boucles allongées.

Poils et boucles paraissent formés de protéines sans affinités tinctoriales

---

[1] Après emploi de divers fixateurs (Bouin, Bouin-Allen, Kahle, sublimé acétique, Zenker, Tellyesniczky). Sur les coupes, les noyaux des cellules folliculaires, des érythrocytes, des cellules germinales primordiales, des très jeunes ovocytes présentent une belle coloration rouge pourpre qui sert de point de comparaison.

nettes, n'étant ni basophiles ni franchement acidophiles. Nous avons pu cependant les mettre en évidence par l'hématoxyline ferrique, la safranine, le Giemsa, la méthode de Gram, mais en utilisant une différenciation insuffisante; ils sont, en somme, visibles par surcoloration.

Plus ou moins tôt (noyaux de 120 à 200 μ), ces poils, longs de 10 à 20 μ, tombent tous à la fois. Ils forment alors dans le nucléoplasme un feutrage de petits filaments, tandis que les chromosomes dépouillés deviennent à nouveau invisibles. Les poils bientôt se scindent en courtes chaînettes, puis se décomposent en grains qui se dissolvent et disparaissent. Déjà, à ce moment, les chromosomes ont commencé à former un nouveau revêtement pileux; le processus peut se répéter à plusieurs reprises tant que dure la vitellogenèse.

Lorsque celle-ci est terminée, les chromosomes poilus se rassemblent dans une aire délimitée par des pseudonucléoles, au centre du noyau qui atteint environ 400 μ. Les poils subissent une sorte de fonte et disparaissent, alors que les boucles, à double insertion, persistent encore un certain temps. Quand les chromosomes ont achevé de se dépouiller, on voit se déposer sur le chromonème, entouré d'une substance qui n'est pas de la chromatine, des gouttes qui s'étalent peu à peu le long du filament et qui donnent la réaction de Feulgen. Pour la première fois, après une période de un à trois ans, les chromosomes se revêtent à nouveau de désoxyribonucléoprotéides. Ceci est en rapport avec la prochaine activité cinétique, c'est-à-dire avec l'approche de la première mitose de maturation.

L'importance de ces constatations dépend du sens qu'il convient de donner à la période de « quiescence » pendant laquelle se déroule cette évolution des chromosomes. S'il y a repos cinétique, il y a, par contre, une activité génétique considérable, conditionnant une augmentation énorme du volume des ovocytes, la production du vitellus, l'établissement d'un premier degré d'hétérogénéité du cytoplasme dont dépendront la polarité de l'ovocyte et les processus du développement. Cette période doit donc correspondre à une activité intense des processus de synthèse opérés par les gènes et qui sont le moyen de leur action sur la cellule. Tandis que normalement les molécules synthétisées se dispersent aussitôt dans le cytoplasme, il existe, dans les ovocytes quiescents des conditions grâce auxquelles les molécules, plus ou moins polymérisées, restent groupées en formant des chaînes qui ne sont autres que les « poils » des chromosomes. Autrement dit, ces structures rendent visibles le travail chimique par lequel les gènes exercent leur action.

Ce qui nous paraît important, bien que cette conclusion soit contraire aux idées courantes, c'est que *ni les gènes du chromonème nu, ni les produits de leur activité synthétique*, ne contiennent d'acide désoxyribonucléique. Ainsi se trouve confirmée l'opinion, défendue par l'un de nous depuis

plus de vingt ans, selon laquelle la chromatine n'est qu'un revêtement intervenant par sa charge électrique dans la dynamique de la cinèse, mais n'a aucun rapport nécessaire avec la constitution du gène ou son activité de synthèse.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la production simultanée, chez les Bovidés, des antitoxines staphylococciques α et β.* Note de MM. **Gaston Ramon, Rémy Richou, Claude Gerbeaux, Jean Jacquet** et **Pierre Julienne.**

Si la production de l'antitoxine staphylococcique α, chez les différentes espèces animales et en particulier chez les Bovidés ([1]), a été parfaitement étudiée, il n'en est pas de même de la production de l'antitoxine β.

On sait que l'anatoxine staphylococcique β entraîne, chez l'animal, le développement d'une antitoxine spécifique capable de neutraliser les propriétés toxiques de la β staphylotoxine et en particulier son pouvoir hémolytique pour les globules de mouton. C'est ainsi que M. L. Smith ([2]) a constaté, à la suite d'injections d'anatoxine β, une augmentation du taux antitoxique atteignant jusqu'à 100 fois le taux initial chez le Cobaye et 30 à 40 fois ce taux chez le Lapin. Il ne semble pas, par contre, que les auteurs se soient intéressés à la production de l'antitoxine β chez les Bovidés.

Au cours de recherches que nous poursuivons, depuis 1941, sur le traitement des mammites staphylococciques des Bovidés, au moyen de l'anatoxine spécifique, nous avons eu l'occasion d'immuniser un certain nombre de bovidés au moyen d'une anatoxine staphylococcique mixte α et β. Cette anatoxine était obtenue par addition de 6 ‰ de formol (28 jours à 37°) à une toxine staphylococcique produite sur milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval, en atmosphère d'air et de CO_2, au moyen de la souche Le 43, productrice des toxines α et β, et isolée chez une vache atteinte de mammite.

Cette anatoxine titrait par centimètre cube 15 unités antigènes α et 6 unités antigènes β.

Tous les animaux reçurent, à 5 à 6 jours d'intervalle, trois injections d'anatoxine, soit 10, 15 et 20 cm^3, exception faite pour les trois premiers qui reçurent une injection supplémentaire de 20 cm^3. Les animaux furent saignés avant toute injection et 14 jours après la dernière injection et les antitoxines α et β furent titrées dans chaque sérum séparément par la méthode hémolytique.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après.

On constate, à l'examen de ce tableau, la présence chez presque tous les animaux des antitoxines staphylococciques naturelles α et β : une seule de ces

([1]) G. Ramon, R. Richou, P. Julienne, J. Jacquet et Cl. Gerbeaux, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 833; *Revue d'Immunologie*, 15, 1951, n° 5-6.

([2]) *Journ. Path. a. Bact.*, 47, 1938, p. 361.

antitoxines peut être présente dans le sérum des animaux, avant toute immunisation artificielle, ou les deux peuvent coexister sans qu'il semble y avoir de rapport entre le taux de l'antitoxine α et celui de l'antitoxine β.

N° de l'animal.	Age.	Antitoxine α (en unités internationales). Avant injection.	Après injection.	Antitoxine β (en unités internationales). Avant injection.	Après injection.
1 (*)	3 ans	— 0,1	+ 1	+ 0,1–0,2	+ 10 –15
2 (*)	3 »	+ 0,1–0,2	+ 2	— 0,1	+ 1 – 3
3	30 mois	+ 1 –2	+ 20–30	+ 1 –2	+ 20 –25
4	3 ans	+ 0,2–0,5	+ 5– 7	+ 0,2–0,5	+ 5 – 7
5	30 mois	+ 0,2–0,5	15	+ 0,2–0,5	+ 7 –10
6	30 »	+ 0,2–0,5	+ 3– 5	+ 0,2–0,5	+ 3 – 5
7	30 »	+ 0,2–0,5	+ 3– 5	+ 0,2–0,5	+ 3 – 5
8	30 »	+ 1 –2	+ 7–10	— 0,1	+ 0,5– 1
9	30 »	+ 0,2–0,5	+ 7–10	+ 0,2–0,5	+ 3 – 5

(*) Ces animaux furent saignés 8 jours après la dernière injection d'anatoxine.

Les injections d'anatoxine mixte α et β entraînent le développement, dans l'organisme des Bovidés, d'un taux relativement élevé des antitoxines correspondantes : en moyenne 10 unités pour l'antitoxine α et 7 unités pour l'antitoxine β ([3]). On remarquera que les taux les plus élevés d'antitoxines β sont enregistrés chez les animaux ayant reçu 4 injections d'anatoxine.

Ces résultats montrent que l'on peut immuniser simultanément les Bovidés contre les toxines α et β du staphylocoque, ce qui apparaît particulièrement intéressant puisque la plupart des mammites staphylococciques des Bovidés ont pour cause des staphylocoques capables d'élaborer à la fois la toxine α et la toxine β.

PLIS CACHETÉS.

M. **Georges Jouravski** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 5 décembre 1949 et enregistré sous le n° 12.616.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note relative à la *découverte de molybdénite à Bou-Azzer, Sud Marocain*, qui sera insérée dans les *Comptes rendus*.

([3]) L'anatoxine staphylococcique β, utilisée dans ces essais, avait une valeur antigène (6 unités) relativement faible. Il n'est pas douteux que le choix d'une souche de staphylocoque particulièrement toxigène permettra d'obtenir des β toxines staphylococciques et, par suite, des anatoxines staphylococciques β de haute valeur antigène, capables d'entraîner le développement dans l'organisme immunisé d'un taux beaucoup plus élevé d'antitoxine spécifique. Cette question fait l'objet de nos recherches actuelles.

M. **François Permingeat** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 16 janvier 1950 et enregistré sous le n° 12.642

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Présence de l'uranium et du tungstène dans la minéralisation d'Azegour* (*Haut-Atlas des Guedmioua, Maroc*), qui sera insérée dans les *Comptes rendus*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire d'Histophysiologie, vacante au *Collège de France*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

L'Académie est informée, par l'**Académie Nationale des Sciences de Mexico**, de la célébration du LXVII[e] anniversaire de sa fondation et du IV[e] centenaire de l'Université de Mexico, qui a eu lieu au mois de novembre 1951.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Lampes germicides*, par R. C. Geslin.

2° Pio Niro. *Efecto hidrodinamico antimayeriano. — Otra revelacion contenida en el efecto fotoelectrico y en el de Compton. — Creaciones de energia.*

3° *Jahrbuch der deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 1950-1951.

ALGÈBRE. — *Sur les fondements d'une théorie des demi-treillis additifs.* Note (*) de M. **Karl Egil Aubert**, présentée par M. Jacques Hadamard.

L'origine de la théorie des treillis multiplicatifs [1] est un essai de traduction de la théorie multiplicative des idéaux d'un anneau commutatif. Nous exposerons ici rapidement les fondements d'une théorie des treillis additifs. Cette théorie a comme but principal de couvrir — dans un langage latticiel — certaines propriétés additives rencontrées dans l'algèbre des sous-ensembles et des sous-groupes d'un groupe. Un exposé plus détaillé avec des démonstrations sera publié ailleurs.

Définitions. — Un *demi-treillis* L est une structure algébrique définie par une opération binaire, associative, commutative et idempotente, notée $\cup$. Cette

---

(*) Séance du 19 décembre 1951.

[1] G. Birkhoff, *Lattice Theory*, p. 200.

opération induit une relation d'inclusion dans L en posant $a \subseteq b \rightleftharpoons a \cup b = b$. L'inclusion stricte sera notée $\subset$. Un *élément minimal* de L est un élément a pour lequel $x \subset a$ est impossible pour tout $x \in$ L. a est un *plus petit élément* de L si $a \subseteq x$ pour tout $x \in$ L. Un *atome* est un élément qui couvre un plus petit élément. Appelons un élément *non-trivial* s'il n'est pas un plus petit élément.

Un *demi-treillis additif* est un demi-treillis muni d'une opération auxiliaire notée par le signe —, appelée *soustraction*, satisfaisant aux deux lois distributives

$$a - (b \cup c) = (a - b) \cup (a - c),$$
$$(a \cup b) - c = (a - c) \cup (b - c)$$

et possédant un *élément neutre à droite* vérifiant

$$a - \mathrm{O} = a \qquad \text{pour tout } a \in \mathrm{L},$$
$$\mathrm{O} \subseteq a - a \qquad \text{pour tout élément non-trivial } a \text{ de L}.$$

Un demi-treillis additif qui est un treillis sera appelé *treillis additif*. La notion de treillis additif est un cas particulier de celle de treillis multiplicatif, mais il faut se garder de croire qu'elle est une généralisation de la notion de groupe réticulé.

L'élément O — a sera noté — a et appelé l'*élément symétrique* de a par rapport à O. L'application qui à a fait correspondre O — a sera appelé O-*symétrie* [2]. Nous définissons une opération d'*addition* + par $a + b = a - (-b)$. Si cette opération est associative, ou commutative, nous dirons que L est un *demi-treillis associatif* ou *commutatif*. Nous dirons que L est un *demi-treillis* O-*unitaire* si $\mathrm{O} + a = a + \mathrm{O}$ pour tout $a \in$ L. Remarquons que $a + \mathrm{O} = a$ pour tout a de sorte que O est aussi un élément neutre à droite par rapport à l'addition.

Exemples. — Donnons quelques exemples montrant l'intérêt de l'étude des demi-treillis additifs. Si A et B sont des sous-ensembles d'un groupe additif, nous entendons dans les trois premiers exemples donnés ci-dessous par A — B l'ensemble constitué par toutes les différences $a - b$, $a \in$ A, $b \in$ B.

1. L'algèbre de Boole de tous les sous-ensembles d'un groupe.

2. Le treillis de tous les sous-groupes invariants d'un groupe.

3. Le demi-treillis de tous les sous-ensembles non vides d'un groupe.

(Le système d'axiomes donnés ci-dessus a été principalement suggéré par ces trois exemples.)

4. Les éléments positifs d'un groupe réticulé. Notre opération de soustraction est dans cet exemple l'opération d'addition du groupe réticulé.

---

(2) Pour simplifier le langage nous supprimerons souvent le préfixe O.

5. L'ensemble de toutes les relations réflexives dans un ensemble E, notre opération de soustraction étant identifiée avec le produit des relations.

Propriétés fondamentales. $+$ est doublement distributive par rapport à $\cup$. Nous avons $-(a\cup b)=(-a)\cup(-b)$ et la loi de monotonie

$$a\subseteq b \;\&\; c\subseteq d \rightarrow a-c\subseteq b-d \;\&\; a+c\subseteq b+d.$$

En particulier $a\subseteq b \rightarrow -a\subseteq -b$.

Théorème 1. — *Dans un demi-treillis* O*-unitaire la* O*-symétrie est une involution qui conserve l'inclusion stricte.*

Théorème 2. — *Dans un demi-treillis additif il n'y a qu'un élément neutre non-trivial. Dans le cas où le demi-treillis est* O*-unitaire,* O *est unique élément neutre à droite.*

𝔊-éléments. — Nous ne considérons maintenant que des demi-treillis unitaires. L'élément neutre y est donc uniquement déterminé. Un élément a est appelé *positif* si $O\subseteq a$. Un élément g est appelé *𝔊-élément* si g est positif et $g-g\subseteq g$. L'élément neutre est évidemment un 𝔊-élément. Pour montrer l'importance de la notion de 𝔊-élément déterminons les 𝔊-éléments dans les exemples donnés ci-dessus. Dans les exemples 1 et 3 les 𝔊-éléments sont les sous-groupes du groupe donné. Dans l'exemple 2 chaque élément est un 𝔊-élément. Dans l'exemple 4 il n'y a pas d'autres 𝔊-éléments que l'élément neutre. Dans l'exemple 5 les 𝔊-éléments sont les relations transitives.

Théorème 3. — *Si g est un 𝔊-élément dans un demi-treillis unitaire, nous avons $g=g-g=g+g=-g$.*

Étant donné un treillis additif complet nous entendons par $a\overset{*}{\cup}b$ le plus petit 𝔊-élément contenant a et b. Appelons L *𝔊-symétrique* si $-(g_1+g_2)=g_1+g_2$ pour chaque couple g_1, g_2 de 𝔊-éléments de L.

Théorème 4. — *Si g_1 et g_2 sont des 𝔊-éléments dans un treillis additif, complet, associatif, commutatif et 𝔊-symétrique g_1-g_2, g_2-g_1 et g_1+g_2 sont aussi des 𝔊-éléments et chacun d'eux est égal à $g_1\overset{*}{\cup}g_2$*

Théorème 5. — *Dans un demi-treillis unitaire l'élément neutre* O *est soit un élément minimal soit un atome.* O *est le seul 𝔊-élément parmi les éléments minimaux si* O *est minimal et le seul 𝔊-élément parmi les atomes si* O *est un atome.*

Appelons un demi-treillis additif L un *𝔊-demi-treillis* si chaque élément de L est un 𝔊-élément. Nous avons les deux théorèmes suivants :

Théorème 6. — *Un demi-treillis additif associatif, commutatif et 𝔊-symétrique est un 𝔊-demi-treillis si et seulement si l'opération de l'union $\cup$ coïncide avec l'opération de soustraction.*

Théorème 7. — *Un demi-treillis* L *peut être muni d'une structure de 𝔊-demi-treillis additif si et seulement si* L *possède un plus petit élément.*

Dans une Note ultérieure nous traiterons les éléments résiduels d'un demi-treillis additif — notion qui correspond aux classes résiduelles dans la théorie des groupes.

ALGÈBRE. — *Sur les éléments inversifs et les éléments unitaires d'un demi-groupe inversif.* Note (*) de M. **Gabriel Thierrin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit D un demi-groupe inversif ([1]) et soit x un élément quelconque de D. Un élément x_i qui vérifie la relation

$$xx_ix = x$$

est dit un *élément inversif de* x. On a alors $xx_ixx_i = xx_i$, $x_ixx_ix = x_ix$: les éléments xx_i et x_ix sont idempotents. L'élément x_ix est dit un *élément unitaire à droite de* x, et l'élément xx_i un *élément unitaire à gauche de* x. Si x est lui-même un élément inversif de x_i, c'est-à-dire si nous avons

$$x_ixx_i = x_i,$$

les deux éléments x et x_i sont dits *réciproques* l'un de l'autre. Alors x_ix est un élément unitaire à droite de x et à gauche de x_i, et xx_i est un élément unitaire à gauche de x et à droite de x_i.

Proposition 1. — *Si x_i et x_j sont deux éléments inversifs de x, distincts ou non, l'élément x_ixx_j est aussi un élément inversif de x, et x est alors un élément inversif de x_ixx_j.*

En effet, nous avons

$$x = xx_ix = xx_i(xx_jx) = x(x_ixx_j)x.$$

D'autre part

$$(x_ixx_j)\,x\,(x_ixx_j) = x_i(xx_jx)x_ixx_j = x_ixx_ixx_j = x_ixx_j.$$

Il résulte de cette proposition que x est élément inversif d'au moins un de ses éléments inversifs. Donc, dans un demi-groupe inversif, un élément quelconque x a toujours un élément réciproque.

Proposition 2. — *Si x_i est un élément inversif de x et si x est permutable avec x_i x_i^m est un élément inversif de x^m, m étant un entier positif.*

En effet, nous avons

$$(x_ix)^m = x_ix = x_i^m x^m,$$

d'où

$$x^m x_i^m x^m = x^m x_i x = x^{m-1}(xx_ix) = x^{m-1}x = x^m.$$

Un sous-ensemble D' d'un demi-groupe inversif D est dit un *sous-demi-*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 376-378. Un demi-groupe D est inversif si, pour tout $x \in D$, il existe $x' \in D$ tel que $xx'x = x$.

groupe inversif de D, s'il est lui-même un demi-groupe inversif par rapport à l'opération considérée dans D.

Proposition 3. — *L'ensemble des éléments unitaires à droite (à gauche) d'un élément x quelconque d'un demi-groupe inversif* D *est un sous-demi-groupe inversif* D′ *de* D. *Chaque élément de* D′ *a tous les éléments de* D′ *comme éléments inversifs et chaque élément de* D′ *est permis à droite (à gauche) dans* D′.

Nous avons en effet si x_i et x_j sont des éléments inversifs de x

$$(x_i x)(x_j x) = x_i(x x_j x) = x_i x,$$

Le produit de deux éléments unitaires à droite de x est donc encore un élément unitaire à droite, et chaque élément est permis à droite. De plus, à chaque élément correspond un $x_j x$ tel que

$$(x_i x)(x_j x)(x_i x) = x_i x.$$

et cela pour tous les x_j qui sont éléments inversifs de x.

La démonstration est la même pour l'ensemble des éléments unitaires à gauche de x.

Proposition 4. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que le sous-demi-groupe inversif des éléments unitaires à droite de x soit le même que le sous-demi-groupe inversif des éléments unitaires à gauche de x et se réduise à un seul élément, est que x soit permutable avec chacun de ses éléments inversifs.*

La condition est évidemment nécessaire.

Elle est aussi suffisante. En effet, si x_i et x_j sont deux éléments inversifs quelconques de x, nous avons

$$(x x_i x) x_j = (x x_j x) x_i, \qquad x x_j = x x_i = x_i x = x_j x.$$

Proposition 5. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que deux éléments unitaires à droite (à gauche) de x, $x_i x$ et $x_j x$, soient égaux, est qu'ils soient permutables.*

La condition est évidemment nécessaire.

Elle est aussi suffisante, car de

$$(x_i x)(x_j x) = (x_j x)(x_i x),$$

il suit

$$x_i(x x_j x) = x_j(x x_i x),$$

c'est-à-dire

$$x_i x = x_j x.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Capacités. Premières définitions.*
Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On donne les premières définitions de certaines classes de fonctions non additives d'ensembles appelées ici capacités parce que les capacités au sens classique appartiennent à ces classes et ont été les premiers exemples étudiés.

Soit $\mathcal{E}$ un ensemble de parties d'un ensemble E, et soit $f(X)$ une application de $\mathcal{E}$ dans l'ensemble des nombres réels (y compris $+\infty$ et $-\infty$).

1. *a. Fonction alternée sur un ensemble $\mathcal{E}$ additif.* — On dira que $\mathcal{E}$ est additif lorsque :

$$A_1 \in \mathcal{E} \text{ et } A_2 \in \mathcal{E} \quad \rightarrow \quad (A_1 \cup A_2) \in \mathcal{E}.$$

Lorsque X, $A_1, \ldots, A_n \in \mathcal{E}$, on posera

$$\nabla_1(X, A_1) = f(X) - f(X \cup A_1)$$

et, de façon générale :

$$\nabla_{n+1}(X, A_1, \ldots, A_{n+1}) = \nabla_n(X, A_1, \ldots, A_n) - \nabla_n(X \cup A_{n+1}, A_1, \ldots, A_n).$$

On dira que $f(X)$ est *alternée* d'ordre n si $\nabla_n \leq 0$ quels que soient $X, A_1, \ldots, A_n$.

Il est immédiat qu'une fonction alternée d'ordre n est aussi alternée d'ordre p, pour tout $p \leq n$.

Les fonctions alternées d'ordre 1 sont identiques aux fonctions croissantes.

b. Fonction monotone sur un ensemble $\mathcal{E}$ multiplicatif. — En remplaçant le signe $\cup$ par le signe $\cap$ dans les définitions précédentes, on obtient la notion d'ensemble $\mathcal{E}$ *multiplicatif*, de Δ-*différences*, et de fonction *monotone* d'ordre n sur $\mathcal{E}$ (condition $\Delta_n \geq 0$). Mêmes conséquences immédiates.

Remarque 1. — Si f est une fonction définie sur un ensemble $\mathcal{E}$ de parties de E, nous désignerons par f' la fonction définie sur l'ensemble $\mathcal{E}'$ des complémentaires des éléments de $\mathcal{E}$ par la relation

$$f'(X') + f(X) = 0, \qquad \text{où} \quad X' = \complement X \qquad (X \in \mathcal{E})$$

Si f est alternée d'ordre n sur $\mathcal{E}$ additif, $\mathcal{E}'$ est multiplicatif et f' est monotone d'ordre n sur $\mathcal{E}'$. On a $(f')' \equiv f$; on dira que f et f' sont *conjuguées*.

Remarque 2. — Supposons $\mathcal{E}$ à la fois additif et multiplicatif. Toute fonction $f(X)$ sur $\mathcal{E}$ qui est à la fois alternée et monotone d'ordre 2 est croissante et vérifie la relation

$$f(A_1 \cup A_2) + f(A_1 \cap A_2) = f(A_1) + f(A_2).$$

Inversement, si $f(X)$ est croissante et vérifie cette relation, on a

$$\nabla_n(X, A_1, \ldots, A_n) = f(X \cap a) - f(a), \qquad \text{où} \quad a = \bigcap A_i;$$

$$\Delta_n(X, A_1, \ldots, A_n) = f(X \cup \mathfrak{A}) - f(\mathfrak{A}), \qquad \text{où} \quad \mathfrak{A} = \bigcup A_i.$$

Cette fonction alternée et monotone de tout ordre est dite *linéaire*.

2. Supposons maintenant que E soit un espace topologique.

a. Continuité à droite. — On dit que $f(X)$ est *continue à droite* en $A (A \in \mathcal{E})$ si, pour tout $\varepsilon > 0$, il existe un voisinage V de A dans E tel que, pour tout $X \in \mathcal{E}$ vérifiant $X \subset A \subset V$, on ait $|f(X) - f(A)| < \varepsilon$.

Si ceci a lieu pour tout $A \in \mathcal{E}$, $f(X)$ est dite continue à droite sur $\mathcal{E}$.

b. Capacité sur une famille $\mathcal{E}$ de parties d'un espace topologique. — On dira que $f(X)$ est une *capacité* sur $\mathcal{E}$ si $f(X)$ est *croissante* et *continue à droite* sur $\mathcal{E}$.

Pour tout $A \subset E$, on posera alors

$$\text{Capacité intérieure de } A = f_*(A) = \sup f(X) \qquad (X \in \mathcal{E} \text{ et } X \subset A),$$
$$\text{Capacité extérieure de } A = f^*(A) = \inf f_*(\omega) \qquad (A \subset \omega,\ \omega \text{ ouvert}).$$

On dira que A est *capacitable* si $f_*(A) = f^*(A)$ et on appellera cette valeur commune la capacité $f(A)$ de A. Tout élément de $\mathcal{E}$ et tout ouvert de E sont capacitables.

c. Capacités alternées. — Une capacité $f(X)$ sur $\mathcal{E}$ est dite alternée d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$ si $\mathcal{E}$ est additive (non nécessaire pour $\mathcal{A}_{1,a}$) et si $f(X)$ satisfait à une des conditions $\mathcal{A}_\alpha$ suivantes :

$\mathcal{A}_{1,a}$: Pour toute suite croissante de sous-ensembles A_n de E, si l'on pose $\mathfrak{A} = \bigcup A_n$, on a $f^*(A_n) \to f^*(\mathfrak{A})$.

$\mathcal{A}_{1,b}$: Pour tout $\varepsilon > 0$, il existe $\eta > 0$, tel que si

$$f(A_i) - f(a_i) < \eta \qquad (a_i \subset A_i,\ a_i \text{ et } A_i \in \mathcal{E} \text{ avec } i = 1, 2),$$

on ait

$$f(A_1 \cup A_2) - f(a_1 \cup a_2) < \varepsilon.$$

$\mathcal{A}_n$: La fonction $f(X)$ est alternée d'ordre n ($n = 2, 3, \ldots$).

$\mathcal{A}_\infty$: La fonction $f(X)$ est alternée de tout ordre $n \geq 2$.

d. Capacités monotones. — Une capacité $f(X)$ sur $\mathcal{E}$ est dite monotone d'ordre $\mathcal{M}_\alpha$ si $\mathcal{E}$ est multiplicative (non nécessaire pour $\mathcal{M}_{1,a}$) et si $f(X)$ satisfait à une des conditions $\mathcal{M}_\alpha$ suivantes :

$\mathcal{M}_{1,a}$: Pour toute suite décroissante de sous-ensembles A_n de E, si l'on pose $a = \bigcap A_n$, on a $f_*(A_n) \to f_*(a)$.

$\mathcal{M}_{1,b}$: Pour tout $\varepsilon > 0$, il existe $\eta > 0$ tel que, si

$$f(A_i) - f(a_i) < \eta \qquad (a_i \subset A_i,\ a_i \text{ et } A_i \in \mathcal{E} \text{ avec } i = 1, 2),$$

on ait

$$f(A_1 \cap A_2) - f(a_1 \cap a_2) < \varepsilon.$$

$\mathcal{M}_n$: La fonction $f(X)$ est monotone d'ordre n ($n = 2, 3, \ldots$).

$\mathcal{M}_\infty$: La fonction $f(X)$ est monotone de tout ordre $n \geq 2$

Remarque 1. — Il est immédiat que $\mathcal{A}_{n+1} \to \mathcal{A}_n$ et $\mathcal{M}_{n+1} \to \mathcal{M}_n$ pour $n \geqq 2$. De même $\mathcal{A}_2 \to \mathcal{A}_{1,b}$ et $\mathcal{M}_2 \to \mathcal{M}_{1,b}$. En effet $\mathcal{A}_2$ entraîne, par exemple :

$$\left(\bigcup \mathrm{A}_i\right) - f\left(\bigcup a_i\right) \leqq \sum_i [f(\mathrm{A}_i) - f(a_i)] \qquad (\text{où } a_i \subset \mathrm{A}_i,\ a_i \text{ et } \mathrm{A}_i \in \mathcal{E} \text{ et } i \in \mathrm{I} \text{ fini}).$$

Nous verrons plus tard des cas étendus, où $\mathcal{A}_{1,b} \to \mathcal{A}_{1,a}$ et $\mathcal{M}_{1,b} \to \mathcal{M}_{1,a}$.

Remarque 2. — La fonction conjuguée f' d'une capacité f n'est pas en général une capacité, car la continuité à droite n'est pas une propriété invariante par passage au complémentaire.

Toutefois, *lorsque* $\mathcal{E}$ *est l'ensemble des parties fermées de* E, on peut associer à toute capacité f sur $\mathcal{E}$ une autre capacité $\bar{f}$ *définie aussi* sur $\mathcal{E}$ en posant, pour tout $\mathrm{X} \in \mathcal{E}$: $\bar{f}(\mathrm{X}) = -f\left(\complement \mathrm{X}\right)$.

Cette fonction est croissante et continue à droite, c'est donc une capacité. Pour tout ouvert $\omega \subset \mathrm{E}$, on peut vérifier que $\bar{f}(\omega) = -f\left(\complement \omega\right) = f'(\omega)$, où f' est la fonction conjuguée de f, définie sur $\mathcal{E}'$. Aussi conviendrons-nous de dire que $\bar{f}$ est la *capacité conjuguée* de f.

On a évidemment $\bar{\bar{f}} \equiv f$; et, pour tout $\mathrm{A} \subset \mathrm{E}$:

$$f_*(\mathrm{A}) + \bar{f}^*\left(\complement \mathrm{A}\right) = 0 \qquad \text{et} \qquad f^*(\mathrm{A}) + \bar{f}_*\left(\complement \mathrm{A}\right) = 0;$$

donc l'opération $\complement$ établit une correspondance canonique entre les ensembles f-capacitables et les ensembles $\bar{f}$-capacitables. Si f est alternée d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$, $\bar{f}$ est monotone d'ordre $\mathcal{M}_\alpha$, et vice versa.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Transformation de Stieltjes et calcul aux différences finies*. Note (*) de M. **Pierre Barrucand**, présentée par M. Henri Villat.

Si $h(1+x) - h(x) = \Delta h(x) = g(x)$ et sous certaines réserves relatives à la distribution de singularités de $h(x)$, on a

$$\int_0^\infty g\left(\frac{\alpha}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right)\frac{dy}{(x+y)(1+y)} = \frac{-2\pi i}{y-1}\left[h\left(\frac{\alpha+1}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right) - h\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\right].$$

Applications diverses.

Il est bien connu que si $\int_0^\infty \frac{f(y)}{x+y}\,dy = \varphi(x)$, alors

$$f(x) = \frac{1}{2\pi i}[\varphi(x e^{-i\pi}) - \varphi(x e^{i\pi})] \tag{1}$$

(*) Séance du 19 décembre 1951.

à la condition que $\varphi(x)$ vérifie un certain nombre de conditions, notamment : 1° n'avoir aucune singularité dans le domaine D formé par l'ensemble du plan complexe à l'exception du demi-axe $(0, -\infty)$ qui joue le rôle de coupure (condition A) et 2° tendre vers zéro si $x \to +\infty$ (condition B).

Supposons maintenant $h(1+x) - h(x) = \Delta h(x) = g(x)$ et proposons-nous de résoudre

$$\int_0^\infty \frac{f(x)\,dx}{(1+x)(y+x)} = \frac{1}{y-1}\left[h\left(\frac{\alpha+1}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right) - h\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\right] = \frac{\varphi(y)}{y-1}.$$

On a

$$\varphi(y\,e^{-i\pi}) - \varphi(y\,e^{i\pi}) = h\left(\frac{\alpha}{2} + 1 + i\frac{\log y}{2\pi}\right) - h\left(\frac{\alpha}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right),$$

d'où l'on déduit aisément

$$(2) \qquad \int_0^\infty \frac{g\left(\frac{\alpha}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right)dy}{(1+y)(x+y)} = \frac{-2\pi i}{x-1}\left[h\left(\frac{\alpha+1}{2} + i\frac{\log x}{2\pi}\right) - h\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\right].$$

Les applications de cette formule sont innombrables et établissent un lien intime entre transformation de Stieltjes et calcul aux différences finies.

Posons par exemple $\psi(\alpha + ix) = \psi_r(\alpha, x) + i\psi_i(\alpha, x)$, ces deux fonctions étant réelles si α et x le sont, $\psi(x)$ étant la dérivée logarithmique de $\Gamma(x)$ on a alors

$$\int_0^\infty \frac{\left(\frac{\alpha}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right)^{-1}}{(1+y)(x+y)}dy = \frac{-2\pi i}{y-1}\left[\psi\left(\frac{\alpha+1}{2} + i\frac{\log x}{2\pi}\right) - \psi\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\right].$$

Soit

$$(3) \qquad \int_0^\infty \frac{\log y\,dy}{(\pi^2\alpha^2 + \log^2 y)(1+y)(x+y)} = \frac{1}{x-1}\left[\psi_r\left(\frac{\alpha+1}{2}, \frac{\log x}{2\pi}\right) - \psi\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\right],$$

$$(4) \qquad \int_0^\infty \frac{\alpha\,dy}{(\pi^2\alpha^2 + \log^2 y)(1+y)(x+y)} = \frac{1}{\pi(x-1)}\psi_i\left(\frac{\alpha+1}{2}, \frac{\log x}{2\pi}\right),$$

D'autre part, de l'équation fonctionnelle

$$\psi(s) - \psi(1-s) = -\frac{\pi}{\sin\pi s}\cos\pi s$$

on déduit aisément

$$\psi_i\left(\frac{1}{2}, \frac{\log x}{2\pi}\right) = \frac{\pi}{2}\,\frac{x-1}{x+1},$$

$$\psi_i\left(1, \frac{\log x}{2\pi}\right) = \frac{\pi}{2}\,\frac{x+1}{x-1} - \frac{\pi}{\log x},$$

d'où

$$(5) \qquad \int_0^\infty \frac{(2r+1)\,dy}{(1+y)(x+y)[\pi^2(2r+1)^2 + \log^2 y]}$$
$$= \frac{x+1}{2(x-1)^2} - \frac{1}{x-1}\left[\frac{1}{\log x} + \sum_{n=1}^{n=r}\frac{2\log x}{4\pi^2 n^2 + \log^2 x}\right],$$

$$(6) \qquad \int_0^\infty \frac{2r\,dy}{(1+y)(x+y)(4r^2\pi^2 + \log^2 y)} = \frac{1}{2(x+1)} - \sum^{n<2r}{}' \frac{2\log x}{(x-1)(\pi^2 n^2 + \log^2 x)},$$

le signe Σ' indiquant que la sommation s'effectue uniquement pour n *impair*, dans ces deux formules r désigne un nombre entier

Posons maintenant $\log\Gamma(\alpha+ix) = \log|\Gamma(\alpha+ix)| + i\,\mathrm{amg}(\alpha, x)$, on a alors

$$(7)\qquad \int_0^\infty \frac{\log(\pi^2\alpha^2+\log^2 y)}{(1+y)(y+x)}\,dy = \frac{4\pi}{x-1}\,\mathrm{amg}\left(\frac{\alpha+1}{2}, \frac{\log x}{2\pi}\right) + 2\log 2\pi\,\frac{\log x}{x-1},$$

$$(7')\qquad \int_0^\infty \frac{\log(\log^2 y)}{(1+y)(y+x)}\,dy = \frac{4\pi}{x-1}\,\mathrm{amg}\left(\frac{1}{2}, \frac{\log x}{2\pi}\right) + 2\log 2\pi\,\frac{\log x}{x-1},$$

$$(8)\qquad \frac{1}{\pi}\int_0^\infty \frac{\mathrm{arc\,tg}\,\dfrac{\log y}{\pi a}}{(1+y)(x+y)}\,dy - \frac{1}{y-1}\log\frac{\Gamma^2\left(\dfrac{\alpha+1}{2}\right)}{\left|\Gamma\left(\dfrac{\alpha+1}{2}+i\dfrac{\log x}{2\pi}\right)\right|^2};$$

cette formule se simplifie si α est un nombre entier en particulier

$$(8')\qquad \frac{1}{\pi}\int_0^\infty \frac{\mathrm{arc\,tg}\,\dfrac{\log y}{\pi}}{(1+y)(x+y)}\,dy = \frac{1}{x-1}\log\left(\frac{x-1}{\sqrt{x}\log x}\right),$$

$$(8'')\qquad \frac{1}{\pi}\int_0^\infty \frac{\mathrm{arc\,tg}\,\dfrac{\log y}{2\pi}}{(1+y)(x+y)}\,dy = \frac{1}{x-1}\log\left[\frac{(x+1)\pi^2}{2\sqrt{x}(\pi^2+\log^2 x)}\right],$$

et ainsi de suite.

Une Note ultérieure fera connaître d'autres applications curieuses de la formule (2).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés des fonctions méromorphes et de leurs dérivées*. Note de M. **Henri Milloux**, présentée par M. Paul Montel.

1. L'étude de la distribution comparée des valeurs d'une fonction méromorphe et de celles de sa dérivée se trouve facilitée par la résolution de deux problèmes fondamentaux, qui peuvent être condensés comme suit :

Soit D un domaine simplement connexe du plan z, et D' un domaine complètement intérieur. Soit $f(z)$ une fonction méromorphe dans D.

On suppose que l'une des deux fonctions $f(z)$, $f'(z)$ ne prend, dans D, qu'un petit nombre de fois trois valeurs distinctes, tandis que l'autre fonction prend, dans D', un grand nombre de fois deux valeurs distinctes.

Étudier le comportement, dans D, de la première de ces fonctions.

Le théorème suivant fournit la réponse à cette question :

Théorème. — *Soit* D *un domaine simplement connexe du plan de la variable complexe z ; z_0 un point intérieur à* D *; on suppose que tout point frontière de* D *est à une distance de z_0 comprise entre e^m et e^{-m} (m positif). On fait la représentation conforme du domaine* D *sur le cercle unité du plan x, de façon que les points $z=z_0$ et $x=0$ se correspondent. Soit Δ le domaine du plan z qui correspond au cercle $|x|=0{,}9$. Enfin, soit $f(z)$ une fonction méromorphe dans* D.

Premier cas. — *On ajoute les hypothèses suivantes :*

A. *Dans* D, *la fonction $f(z)$ ne prend pas plus de n fois chacune de trois valeurs dont les distances sphériques prises deux à deux sont au moins égales à e^{-n}.*

B. *Dans le domaine Δ, la dérivée $f'(z)$ prend au moins n' fois chacune de deux valeurs de module inférieur à* 1 *et dont la différence est au moins égale à* 0,1; *en particulier, c'est le cas lorsque Δ est de remplissage, avec indice au moins égal à n', pour la dérivée $f'(z)$.*

C. *On a*

$$m = n = 10^{-6} n'(1 - \mu); \qquad n'(1 - \mu) > -10^7 \log(1 - \mu),$$

où μ est une certaine quantité comprise entre 0,9 *et* 1.

Dans ces conditions, dans la presque totalité du domaine Δ' qui correspond, dans le plan z, au cercle $|x| \leq \mu$, on a l'inégalité

$$\log |f(z)| > 10^{-4} n'(1 - \mu).$$

Deuxième cas. — *On ajoute les hypothèses suivantes :*

A'. *Dans* D, *la dérivée $f'(z)$ ne prend pas plus de n' fois chacune de trois valeurs dont les distances sphériques prises deux à deux sont au moins égales à $e^{-n'}$.*

B'. *Dans le domaine Δ, la fonction $f(z)$ prend au moins n fois chacune de deux valeurs dont la distance sphérique est au moins égale à* 0,1; *en particulier, c'est le cas lorsque Δ est de remplissage, avec indice au moins égal à n, pour la fonction $f(z)$.*

C'. *On a*

$$m = n' = 10^{-11} n(1 - \mu)^4 > \log \frac{1}{1 - \mu},$$

où μ est une certaine quantité comprise entre 0,96 *et* 1.

Dans ces conditions, dans la presque totalité du domaine Δ', on a l'inégalité

$$\log |f'(z)| > 10^{-9} n(1 - \mu)^4.$$

Un énoncé plus général peut être obtenu lorsque le domaine Δ correspond, dans le plan x, au cercle $|x| \leq \lambda < 1$.

On obtient également des résultats précis dans le premier cas, lorsque l'hypothèse B n'est qu'à moitié réalisée, c'est-à-dire lorsque la dérivée $f'(z)$ prend au moins n' fois des valeurs pouvant être enfermées dans un cercle de rayon 0,1 et de modules inférieurs à 1.

On remarquera que les résultats du deuxième cas ne sont pas si précis que ceux du premier cas (comparer les hypothèses C et C', ainsi que les conclusions). Les propriétés de base utilisées sont les inégalités fondamentales de M. R. Nevanlinna.

2. Soit $f(z)$ une fonction méromorphe d'ordre fini. On choisit convenablement une succession de domaines D s'éloignant indéfiniment, de façon que les

domaines Δ contiennent des cercles de remplissage soit de la fonction $f(z)$ (deuxième cas), soit de la dérivée $f'(z)$ (premier cas).

En choisissant convenablement μ, les conclusions du théorème précédent obligent la fonction $f(z)$ (premier cas) ou sa dérivée (deuxième cas) à être très grande dans des régions beaucoup plus proches de l'origine du plan z que ne l'est le cercle de remplissage de départ. Ces régions sont trop étendues et trop proches de l'origine pour que le résultat soit acceptable, de sorte que l'hypothèse A (premier cas) ou A′ (deuxième cas) est impossible. En d'autres termes :

Le domaine D est de remplissage, avec indice au moins égal à n pour la fonction $f(z)$ (premier cas) ou à n' pour la dérivée $f'(z)$ (deuxième cas).

En particulier, ce qui précède s'applique à des cercles de remplissage situés au voisinage de toute direction de Borel-Valiron de la fonction $f(z)$ ou de sa dérivée. On obtient ainsi le théorème suivant, pressenti depuis longtemps :

Théorème. — *Toute direction de Borel-Valiron d'une fonction méromorphe d'ordre fini est aussi direction de Borel-Valiron de sa dérivée et réciproquement.*

Un résultat partiel avait déjà été obtenu dans le cas des fonctions entières, mais limité au passage de la dérivée à la fonction ([1]).

3. Cette propriété s'étend à une classe importante de fonctions méromorphes d'ordre nul, et elle est susceptible d'extension à l'étude comparée de la distribution des valeurs d'une fonction méromorphe dans un cercle et de celles de sa dérivée, au voisinage des points de Borel-Valiron.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions fuchsiennes de deux variables complexes dans un bicercle.* Note de M. **Michel Hervé**, présentée par M. Paul Montel.

L'étude, dans une Note antérieure ([1]), des fonctions fuchsiennes relatives à un groupe γ discontinu, de la première famille ([2]), d'automorphismes d'un domaine D borné, est reprise et conduite à des résultats plus précis (*cf.* 6 et 7 ci-après) dans le cas où D est le bicercle $|x|<1$, $|y|<1$.

Notations. — $z=(x, y)$ point courant du bicercle D; $z'=f(z)$ automorphisme de D; $Df(z)/Dz$ déterminant fonctionnel de la transformation $f(z)$; F compact contenu dans D tel que D soit réunion des $f(\mathrm{F})$ pour $f\in\gamma$ ([2]); q plus petit entier tel que tout automorphisme de γ qui laisse fixe au moins un point de D ait la transformation identique pour q^e itéré, fonction fuchsienne de dimension m : toute fonction $\theta(z)$ holomorphe sur D qui vérifie

$$(1)\qquad \theta[f(z)]=\theta(z)\left[\frac{Df(z)}{Dz}\right]^{-m} \qquad \text{pour} \quad f\in\gamma;$$

([1]) H. Milloux, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 296-297.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 673.

([2]) L'expression « γ de la première famille » signifie que F existe.

$\alpha(z)$ fonction fuchsienne de dimension k telle que $\alpha = \partial\alpha/\partial x = \partial\alpha/\partial y = 0$ n'ait lieu qu'en des points isolés, donc que toute fonction holomorphe sur D et nulle sur la variété $\alpha = 0$ soit divisible par α; $\alpha_1(z)$ et $\alpha_2(z)$ fonctions fuchsiennes de dimension k_1 telles que $\alpha = \alpha_1 = 0$ n'ait lieu qu'en des points isolés et que $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2 = 0$ n'ait lieu en aucun point [conditions réalisables ([1]) pourvu que k et k_1 soient multiples assez grands de q]; fonction α-fuchsienne de dimension m : toute fonction holomorphe sur D qui vérifie (1) sur la variété $\alpha(z) = 0$; $d(m)$ nombre maximum de fonctions fuchsiennes de dimension m linéairement indépendantes; $\delta(m)$ nombre maximum de fonctions α-fuchsiennes de dimension m, linéairement indépendantes sur la variété $\alpha = 0$.

Pour $m < 0$ les fonctions α-fuchsiennes de dimension m sont les fonctions divisibles par α, propriété utilisée dans ([1]); ici la nature de ces fonctions est précisée (*cf.* 4 ci-dessous) pour m positif assez grand.

1. Si $m > k - 2$, *à toute fonction* $\varphi(z)$, *α-fuchsienne* de dimension m, *on peut en associer une autre*, soit $\varphi'(z)$, *vérifiant* $\varphi' = \varphi$ *pour* $\alpha = 0$ *et, pour* x *et* y *quelconques, une inégalité* $|\varphi'(x, y)| < K[(1 - |x|)(1 - |y|)]^{-m-5}$.

Cette fonction φ' est construite à l'aide de l'intégrale de Cauchy : c'est pourquoi l'on suppose ici que le domaine D est un bicercle. Ce résultat n'est qu'une première étape et va être amélioré ci-dessous (n° 4).

2. *On a* $\delta(m) \leq Am$, *la constante* A *ne dépendant que de* γ *et* α.

Même démonstration que pour établir ([3]) l'inégalité $d(m) \leq Bm^2$: au lieu d'un recouvrement fini de F, on utilise un recouvrement fini de $F \cap (\alpha = 0)$.

3. *A toute fonction α-fuchsienne* $\varphi(z)$ *de dimension* m *assez grande, on peut associer deux fonctions α-fuchsiennes,* $\varphi_1(z)$ et $\varphi_2(z)$, de dimension $m - k_1$, *telles que* $\varphi = \alpha_1\varphi_1 + \alpha_2\varphi_2$ *pour* $\alpha = 0$.

On a, en effet, pour m assez grand, $\delta(m) = 2\delta(m - k_1) - \delta(m - 2k_1)$; en appliquant ensuite la propriété 1 à φ_1 et φ_2, il vient :

4. *Toute fonction α-fuchsienne de dimension assez grande est égale, pour* $\alpha = 0$, *à une fonction fuchsienne de même dimension,* qui est somme d'une série de Poincaré.

Par suite, pour m assez grand, $\delta(m) = d(m) - d(m - k)$.

5. *Toute fonction fuchsienne de dimension* m *assez grande peut s'écrire* $\alpha\theta + \alpha_1\theta_1 + \alpha_2\theta_2$, où θ, θ_1, θ_2 sont des fonctions fuchsiennes de dimensions $m - k$, $m - k_1$, $m - k_1$.

6. *Toute fonction fuchsienne de dimension assez grande est somme d'une série de Poincaré.*

7. *Pour* m *assez grand, on a* $d(m) = am^2 + b(r)m + c(r)$, où a est une constante, $b(r)$ et $c(r)$ des nombres ne dépendant que du reste r de la division de m par q.

Les propriétés 6 et 7 sont comparables aux résultats qu'a obtenus

---

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 462.

Poincaré ([4]), par une méthode de caractère algébrique, pour les groupes discontinus de la première famille dans le cercle $|z| < 1$.

8. Les propriétés 5 et 7 peuvent servir à une théorie des idéaux de fonctions fuchsiennes, analogue à la théorie classique ([5]) des idéaux de formes algébriques : tout idéal a une base finie; la fonction caractéristique de l'idéal des fonctions fuchsiennes de la forme $\alpha\theta + \alpha_1\theta_1$ (où θ et θ_1 sont des fonctions fuchsiennes de dimensions $m-k$ et $m-k_1$), est, pour m assez grand, la constante $2akk_1$; c'est le nombre des conditions imposées à une fonction fuchsienne par son appartenance, en chaque point du bicercle (ou simplement de F) à l'idéal engendré en ce point par α et α_1, c'est-à-dire, d'une manière en général insuffisamment précise, le nombre des classes d'équivalence mod γ des zéros communs à α et α_1.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Généralisation du lemme de Schwarz et du principe de la mesure harmonique pour les fonctions pseudo-analytiques.* Note de MM. **Joseph Hersch** et **Albert Pfluger**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous appellerons une fonction complexe $w(z)$ *fonction* D-*pseudo-analytique* dans un domaine G si elle définit une application de G dans le plan de w satisfaisant aux conditions suivantes :

a. C'est une transformation intérieure au sens de Stoïlow ([1]).

b. Un module M de chaque « quadrilatère » dans G et le module correspondant M′ de son image satisfont aux inégalités

$$D^{-1}M \leq M' \leq DM, \tag{1}$$

où D est une constante donnée ≥ 1.

Par *module d'un quadrilatère* (domaine de Jordan sur la frontière duquel on a désigné quatre points différents), on entend l'un des deux rapports des côtés du rectangle obtenu par application conforme.

Il suffit d'ailleurs de supposer que la condition (1) soit remplie pour les quadrilatères dans un voisinage de chaque point de G.

On remarquera que la fonction $w(z)$ n'est pas supposée posséder de dérivées partielles; si tel est le cas, notre définition revient à celle de Grötzsch ([2]), ([3]): l'image d'un cercle infinitésimal est une ellipse dont le rapport des axes $2a$ et $2b$ satisfait à la condition $D^{-1} \leq a/b \leq D$.

([4]) *Acta Math.*, **1**, 1882, p. 193, ou *Œuvres*, **2**, p. 169 (§ 6).

([5]) D. Hilbert, *Math. Ann.*, **36**, 1890, p. 473 et E. Lasker, *Math. Ann.*, **60**, 1905, p. 20.

([1]) *Leçons sur les principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques*, Gauthier-Villars, Paris, 1938.

([2]) *Leipziger Ber.*, **80**, 1928, p. 503-507.

([3]) *Leipziger Ber.*, **82**, 1930, p. 69-80.

2. Théorème. — *Soit* $w(z)$ D-*pseudo-analytique dans* $|z|<1$, *telle que* $w(0)=0$ *et* $|w(z)|<1$ *pour* $|z|<1$. *Alors, pour tout* $|z|<1$,

$$|w(z)|\leq k\left[q^{\frac{1}{D}}(|z|)\right],$$

où $k(q)=\vartheta_2^2/\vartheta_3^2$ *est la fonction inverse de la fonction* $q(k)=e^{-\pi[K'(k)/K(k)]}$ *connue dans la théorie des fonctions elliptiques, avec*

$$K(k)=\int_0^1\frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}\quad et \quad K'(k)=K(\sqrt{1-k^2}).$$

La fonction $\Phi(P)$ de Teichmüller [4] n'est autre que $q^{-\frac{1}{2}}(1/P)$.

La borne indiquée est exacte. Pour $D>1$, la fonction extrémale dépend de z. Pour $D=1$, ce théorème donne le *lemme de Schwarz* connu pour les fonctions analytiques.

Le calcul numérique de la borne exacte de $|w(z)|$ en fonction de $|z|$ pour diverses valeurs de D est du ressort de la théorie des transformations de fonctions elliptiques. Pour $D=2$, on obtient par une transformation de Landen, ou aussi par une méthode géométrique élémentaire : $|w(z)|\leq 2.\sqrt{|z|}/(1+|z|)$. Ce résultat se généralise pour $D=2^n$. Voici les formules asymptotiques pour les deux cas limites :

$$k\left(q^{\frac{1}{D}}(|z|)\right)=|z|^{\frac{1}{D}}4^{\frac{D-1}{D}}+o\left(|z|^{\frac{1}{D}}\right)\qquad \text{quand}\quad |z|\to 0;$$

$$1-k\left(q^{\frac{1}{D}}(|z|)\right)=\frac{(1-|z|)^D}{8^{D-1}}+o(1-|z|)^D\qquad \text{quand}\quad z\to 1.$$

3. On peut généraliser le théorème précédent comme *Pick* l'a fait pour le lemme de Schwarz. Si h est la distance hyperbolique de deux points d'un domaine simplement connexe et h' celle de leurs images, alors $h'\leq H(D, h)$; la fonction $H(D, h)$ s'exprime à partir de la borne donnée au théorème précédent. La formule asymptotique

$$H(h)=Dh+(D-1)L2+o(1)\qquad \text{quand}\quad h\to\infty$$

se prête tout particulièrement à la transposition pour les fonctions pseudo-analytiques des résultats asymptotiques obtenus pour la borne du *théorème de Schottky* par plusieurs auteurs.

Une généralisation de l'*inégalité de Jensen*, qui s'obtient sans peine mais ne fournit pas la borne exacte, donne le théorème suivant :

Soient $w(z)$ *une fonction* D-*pseudo-analytique bornée dans* $|z|<1$ *et* a_1, a_2, a_3, ... *ses zéros. Alors la somme* $\sum_{n=1}^{\infty}(1-|a_n|)^D$ *converge.*

---

(4) *Deutsche Math.*, 3, 1938, p. 621-678.

Si $D = 1$, c'est le *théorème de Blaschke*.

On peut aussi démontrer que, par des transformations quasi conformes, la *mesure harmonique* ne peut varier qu'entre des limites bien déterminées. Soit $\omega(z, \alpha; G)$ la mesure harmonique de l'arc frontière α au point z, relative au domaine simplement connexe G, et soient z', α' et G' leurs transformées D-quasi-conformes. On a alors les inégalités :

$$\sin\frac{\pi\omega'}{2} \leq k\left(q^{\frac{1}{D}}\left(\sin\frac{\pi\omega}{2}\right)\right), \qquad \text{où} \quad \omega = \omega(z, \alpha; G), \qquad \omega' = \omega(z', \alpha'; G');$$

et

$$\cos\frac{\pi\omega'}{2} \leq k\left(q^{\frac{1}{D}}\left(\cos\frac{\pi\omega}{2}\right)\right).$$

Ces inégalités ouvrent la voie à la généralisation de divers théorèmes de la théorie des fonctions.

4. La méthode de démonstration repose, d'une part sur les inégalités entre les modules M et M' d'un quadrilatère ou d'un domaine doublement connexe et de son image par une transformation D-pseudo-analytique; d'autre part sur les propriétés extrémales de ces modules.

Pour la définition des modules et pour la démonstration des propriétés extrémales, on peut employer avantageusement la théorie des longueurs extrémales ([5]), que le domaine image soit situé sur le plan ou sur une surface de recouvrement. Cela permet parfois d'éviter l'usage des théorèmes fondamentaux de la représentation conforme.

CALCUL ANALOGIQUE. — *Traceur automatique de trajectoires électroniques et son adaptation à la détermination des lignes de courant dans un bassin électrique.* Note ([*]) de M. **Jacques Marvaud**, présentée par M. Joseph Pérès.

La précision du traceur, dont j'ai donné précédemment le principe ([1]), a été vérifiée par application à des cas dans lesquels la trajectoire pouvait être calculée rigoureusement. Voici, pour fixer les idées, un exemple : dans le cas d'un condensateur sphérique, on sait que les trajectoires électroniques sont des ellipses; le traceur étant utilisé pour construire, à partir du sommet du grand axe, un quadrant d'ellipse de demi-axes 40 et 17 cm, a donné au sommet du petit axe une erreur de position inférieure à 1 mm, l'erreur sur la direction de la tangente (dont l'appareil calcule la pente) étant du demi-degré.

Le traceur de trajectoires peut être modifié en ce qui concerne son système

---

([5]) Ahlfors et Beurling, *Acta Math.*, 83, 1950, p. 101-129.

([*]) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 476.

potentiométrique, de façon, à donner les lignes de courant du champ, dont l'équation est

$$\Phi'_x\,dy - \Phi'_y\,dx = 0, \tag{1}$$

Φ étant le potentiel. Soit $\Delta_x\Phi$ et $\Delta_y\Phi$ les variations de Φ obtenues par des déplacements successifs de la sonde Δx et Δy dans les directions respectives Ox et Oy. Nous remplaçons (1) par l'équation approchée

$$\frac{\Delta_x\Phi}{\Delta x}\,\Delta y = \frac{\Delta_y\Phi}{\Delta y}\,\Delta x$$

qui sera satisfaite si Δx et Δy sont tels que

$$\overline{\Delta x}^2 = k\,\Delta_x\Phi, \quad \overline{\Delta y}^2 = k\,\Delta_y\Phi; \tag{2}$$

on utilisera donc des potentiomètres gradués proportionnellement à la racine carrée de leur résistance.

Le montage (*fig.* 1) est un peu différent de celui du traceur de trajectoires. Il comporte, en plus des potentiomètres Px et Py, un potentiomètre P.

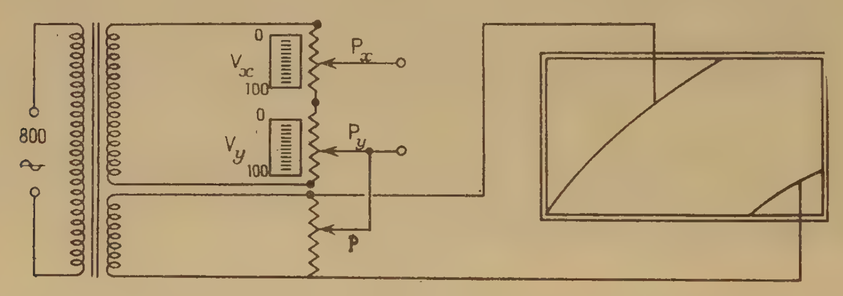


Fig. 1.

Pour tracer une ligne de courant partant d'un point donné d'un champ réalisé dans un bassin électrique, on place la sonde en ce point et l'on met le curseur de Px au potentiel de la sonde au moyen du potentiomètre P. Puis on déplace la sonde parallèlement à l'axe Ox. Durant ce déplacement le potentiel de la sonde varie; cette variation $\Delta_x\Phi$ du potentiel est enregistrée sur le potentiomètre Px. On arrête le mouvement de la sonde lorsqu'on a effectué un déplacement Δx égal à la valeur v_x indiquée par le potentiomètre Px,

$$\Delta x = v_x.$$

Or comme nous avons (¹) : $v_x^2 = k\Delta_x\Phi$, la relation (2) est bien réalisée.

On fera effectuer de même à la sonde un déplacement Δy parallèle à l'axe Oy jusqu'à ce qu'on ait

$$\Delta x = v_x,$$

v_y étant la valeur lue sur le potentiomètre Py.

Après ces deux déplacements, la sonde se trouve sur un nouveau point de la ligne de courant.

On procédera de la même façon pour les points suivants.

Remarque. — Les traceurs peuvent être rendus entièrement automatiques en remplaçant chacun des potentiomètres Px et Py par le dispositif suivant (*fig.* 2).

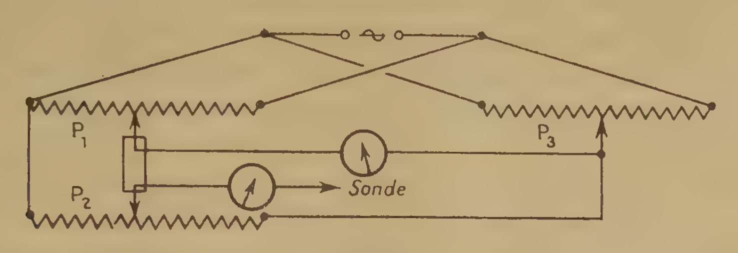


Fig. 2.

Les curseurs des potentiomètres P_1 et P_2 sont montés sur le même axe, donc solidaires mécaniquement mais non électriquement. Le potentiomètre P_3 permet d'alimenter le potentiomètre P_2 d'une tension égale à celle recueillie sur le curseur de P_1.

Si P_1, P_2 tourne d'un angle α, le potentiel recueilli sur le curseur de P_1 sera proportionnel à α. Le potentiel recueilli sur le curseur de P_2 sera par suite proportionnel à α^2.

Un système de télécommande donne aux chariots supportant la sonde un déplacement proportionnel à l'angle de rotation des curseurs de P_1, P_2. Lorsque ceux-ci auront tourné de façon que le potentiel recueilli sur le curseur de P_2 ait varié de zéro à $\Delta\Phi$; ils auront effectué une rotation d'une valeur φ telle que

$$\varphi^2 = k\Delta\Phi.$$

Les déplacements des chariots auront des valeurs proportionnelles à la racine carrée de la variation du potentiel. Les lectures sur les traceurs de trajectoires électroniques et de lignes de courant seront supprimées. Un commutateur permettra à chaque opération de s'effectuer l'une après l'autre et rendra l'appareil entièrement automatique.

ÉLASTICITÉ PLANE. — *Sur les points d'un prisme élastique, où la rupture s'amorce lorsqu'il est soumis à des efforts croissants.* Note (*) de M. **François Teissier du Cros**, présentée par M. Albert Caquot.

La rupture d'un solide qui est soumis à des efforts croissants, est l'apparition de surfaces séparatrices ou de zones de glissement au sein de la matière. En général, la rupture naît dans une région quasi ponctuelle, puis elle se

(*) Séance du 19 décembre 1951.

propage très rapidement. *La théorie de l'Élasticité peut donner certaines informations sur le point et l'instant de départ de ce phénomène.*

Le cas examiné est celui d'un prisme droit soumis sur sa face latérale à des forces de contact croissantes $F(t)$, qui développent une *contrainte à deux dimensions* indépendante de la distance z au plan d'une section droite D, pris pour plan de coordonnées x, y. La force est nulle sur tout élément d'une section plane $z = \text{const.}$, en particulier sur les abouts. Les $F(t)$ sont supposées nulles à l'instant zéro, elles croissent très lentement, proportionnellement au temps t, avec une direction fixe.

Avant rupture en un point $m(x, y)$, les tensions principales sont n'_t, n''_t, o, $(n'_t > n''_t)$; la tension moyenne et le rayon du cercle de Mohr relatifs au plan xOy sont $n_t = (1/2)(n'_t + n''_t)$, $r_t = (1/2)(n'_t - n''_t)$. Le *cercle de rupture*, de rayon R_t, a son centre à l'abscisse N_t. On a $R_t = N_t = (1/2)n'_t$, si n'_t et n''_t sont > 0; $R_t = -N_t = -(1/2)n''_t$, s'ils sont < 0; enfin $R_t = r_t$, $N_t = n_t$ si $n'_t > 0 > n''_t$. Entre les variables r_t, n_t, et les variables R_t, N_t, la correspondance est continue. Selon la théorie de M. A. Caquot, la stabilité de l'équilibre élastique au voisinage de m est assurée par une inégalité de la forme $R_t < F(N_t)$. Cette condition prend, en variables indépendantes r_t, n_t, une nouvelle forme $r_t < L(n_t)$.

L est déterminée par la courbe intrinsèque du matériau, nulle aux extrémités d'un certain intervalle $\alpha \leq n_t \leq \beta$, dans lequel elle est positive et convexe. Admettons pour simplifier que le matériau a des limites de réversibilité et de proportionnalité égales (loi de Hooke), de sorte que $r_t = tr_1$, $n_t = tn_1$ jusqu'à la rupture, et posons

$$(1)\qquad \delta(x, y, t) = s_t(x, y) - r_1(x, y); \qquad s_t = t^{-1}L(tn_1(x, y)).$$

La condition de stabilité devient $\delta > 0$. $\delta(x, y, t)$ est fonction continue des trois variables $x, y, t (t > 0$ jusqu'à la rupture.

Définitions. — *Instant critique* t_1 : plus petite valeur de t pour laquelle δ s'annule quelque part dans D.

Ensemble critique ε : le ou les points où $\delta(x, y, t_1) = 0$. Voici des cas où ε est situé sur le contour de D.

En chaque point $m(x, y)$, s_t décroît lorsque t croît. Pour $t = \text{const.}$, $s_t(x, y)$ est fonction surharmonique de x, y, parce que L est convexe de n_t, et n harmonique de x, y. Supposons $r_1(x, y)$ sousharmonique, ε ne peut avoir de point intérieur à D, car un pareil point aurait dans son voisinage, des points où δ serait nul avant l'instant t_1, ce qui est absurde.

ε *n'a donc aucun point dans le ou les domaines où* $r_1(x, y)$ *est sousharmonique.*

Exemples. — *a.* Si le quasi équilibre engendré par les forces appliquées $F(t)$ est un *état à centre*, on sait que $r_1(x, y)$ est sousharmonique dans D [1]. ε *appartient tout entier au contour.*

---

[1] *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 223.

b. Tout état d'équilibre est la superposition de deux états à centre, dont les centres a, b peuvent être choisis arbitrairement. Les formules de décomposition étant

$$n_1(x, y) = \frac{1}{2}(N_1 + N_2) = \text{Ré}\, p(z), \qquad p(z) = p_a(z) + p_b(z), \text{ dérivées } p'_a, p'_b.$$

$$\frac{1}{2}(N_1 - N_2) - iT_3 = M(z, \bar{z}) = M_a(z, \bar{z}) + M_b(z, \bar{z}), \qquad r_1(x, y) = (M),$$

supposons que p'_a, p'_b soient régulières sur le contour et qu'elles y satisfassent pour un choix convenable de a et b :

$$\arg p'_a p'^{-1}_b (z - a)^{-1}(z - b) \equiv 0 \quad (\text{mod } 2\pi). \tag{2}$$

On voit que la fonction sousharmonique $|M_a| + |M_b|$ est égale à $r_1(x, y)$ sur le contour, tandis qu'elle le majore à l'intérieur de D, et l'on déduit de là, comme plus haut, que ε *appartient tout entier au contour lorsque* (2) *a lieu.*

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Un passage de l'Élasticité à la Résistance des matériaux.* Note (*) de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

A partir des résultats rigoureux de l'Élasticité, et grâce à des approximations contrôlables, les méthodes du Calcul fonctionnel permettent d'obtenir des équations assez voisines des équations usuelles de la Résistance des matériaux. On peut faire intervenir d'une manière plus satisfaisante la répartition des charges à la surface.

La méthode est exposée pour une poutre dont Ox est la fibre moyenne, les axes d'inertie de la section droite étant parallèles à Oy et Oz; s désigne l'arc du contour de la section droite. La poutre de section constante est soumise sur sa surface latérale à des charges unitaires données $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$, fonctions de s et x. Pour simplifier, nous négligeons les forces massiques.

Un point dont les coordonnées sont x, y, z quand la poutre n'est pas chargée, subit une déviation de composantes U, V, W sous l'effet des charges précédentes. y et z ont un champ de variation borné à l'intérieur de la section droite, mais ce ne sont pas des quantités infiniment petites. Nous admettons une répartition de charges assez régulière pour pouvoir développer U, V, W suivant les puissances croissantes de y et z :

$$U = u + y a_1 + z a_2 + \frac{1}{2}(y^2 a_{11} + 2yz a_{12} + z^2 a_{22}) + \frac{1}{6}(y^3 a_{111} + 3y^2 z a_{112} + \ldots) + \ldots.$$

On aurait pour V et W des formules analogues où u, a seraient remplacés par v, b ou w, c. u, v, w, a, b, c sont fonctions uniquement de x.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

Si nous arrêtons au second ordre le développement de Taylor de U, pour que les formules soient correctes, il faut que les dérivées secondes soient calculées en un certain point de la section droite. Au lieu de ce point nous prenons le centre de gravité de la section droite : telle est l'approximation que nous proposons. L'erreur est faible si les dérivées secondes varient peu dans chaque section droite. L'approximation d'ordre 1 est celle qui tient compte uniquement de u, v, w. L'approximation d'ordre 2 tient compte en outre de $a_1, \ldots, c_2$.

L'approximation d'ordre 1, très médiocre, déplace chaque section par translation. L'approximation du second ordre transforme la section droite en une surface plane, comme dans l'hypothèse de Bernoulli, mais cette section n'est plus en général normale à la ligne élastique, ni indéformable; elle subit une affinité caractérisée par les nombres $a_1, \ldots, c_2$. L'hypothèse actuelle, plus générale que celle de Bernoulli, doit donc être tenue pour une approximation meilleure que celle de la Résistance des matériaux classiques. L'approximation du troisième ordre transforme une section droite en un morceau de quadrique.

L'approximation d'ordre 1 conduit aux équations suivantes :

$$A(\lambda+2\mu)u''+X=0, \qquad A\mu v''+Y=0, \qquad A\mu w''+Z=0,$$

où A représente l'aire de la section droite, et X, Y, Z les composantes de la charge par unité de longueur de la poutre. La première équation est assez satisfaisante malgré le remplacement de E par $\lambda+2\mu$. Les deux autres sont éloignées des équations usuelles.

L'approximation d'ordre 1 conduit à quatre systèmes d'équations ayant respectivement 3, 2, 2 et 2 inconnues. Aux seconds membres figurent des termes dépendant des charges et qui ne se trouvent pas dans les équations usuelles. Ainsi w vérifie l'équation suivante :

$$(\lambda+2\mu)\,\mathrm{I}w''=\int_x^l (\mathrm{T}''_z-\mathrm{L}_2)\,dx-\frac{\lambda+2\mu}{2\mu\mathrm{A}}\mathrm{Z}+\mathrm{H},$$

où nous avons posé

$$\mathrm{Z}=\int_c \mathfrak{Z}\,ds, \qquad \mathrm{T}''_z=\int_x^l \mathrm{Z}\,dx+\mathrm{K}, \qquad \mathrm{L}_2=\int_c z\mathfrak{X}\,ds,$$

et où H et K sont des constantes d'intégration. L'équation précédente est à rapprocher de l'équation

$$\mathrm{EI}w''=\mathrm{M} \qquad (\mathrm{L}_2=0),$$

qu'on rencontre dans la théorie classique. En dehors d'un terme correctif, on note le remplacement de E par $\lambda+2\mu$.

L'approximation d'ordre 3 conduit à un système différentiel de 18 équations à 18 inconnues. Les expressions suivantes :

$$\iint y^3\,dy\,dz, \quad \iint y^2 z\,dy\,dz, \quad \ldots, \quad \iint y^4\,dy\,dz, \quad \ldots; \quad \int_c y^2\mathfrak{X}\,ds, \quad \int yz\mathfrak{X}\,ds, \quad \ldots$$

figurent comme coefficients, et dans les seconds membres.

En principe les calculs précédents ne sont pas applicables aux charges isolées. En pareil cas on peut étaler la charge ou procéder à des intégrations convenables dans les systèmes différentiels. La méthode s'applique à une poutre courbe, dont la section n'est pas constante, ou dont les axes principaux de l'ellipse d'inertie varient en direction.

La méthode s'applique pour l'étude dynamique d'une poutre grâce à l'extension des équations de Lagrange aux systèmes matériels définissables à l'aide de fonctions-paramètres. Dans une prochaine Note nous indiquerons comment on peut résoudre les problèmes de statique et dynamique des membranes.

Les lignes directrices de la méthode exposée restent les mêmes si des considérations de physique conduisent à admettre une autre forme de potentiel interne.

On peut aussi concevoir un développement du déplacement $U = \Sigma a(x)\psi(y, z)$ mieux adapté à certains problèmes, avec des fonctions ψ autres que des polynomes.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur le durcissement des ciments.* Note (*) de Mlle **Édith Couillaud**, présentée par M. Albert Caquot.

L'augmentation de température de durcissement accélère la prise des liants hydrauliques d'une façon très différente suivant leur nature.

Nous avons rendu compte de nos premières études dans les deux Notes de 1938 et 1939 [1]. La précision des résultats obtenus dans la mesure des résistances, grâce au matériel que nous avons mis au point pour le malaxage et pour le remplissage des moules, correspond aujourd'hui à un écart probable de 3 % seulement.

Par cette précision dans les mesures, nous avons pu obtenir des résultats très cohérents pour l'influence de la température sur le durcissement dont nous avons prolongé la période d'essai dans certains cas jusqu'à 2 ans.

Les essais prolongés confirment nos premiers résultats.

Pour le ciment de Portland, la chaux hydraulique et le ciment de laitier, l'augmentation de température agit dans l'ensemble comme une diminution du paramètre temps, la résistance finale étant inchangée.

Le ciment de Portland est le moins sensible, et le ciment de laitier le plus sensible à la variation de température.

Au voisinage de la température de référence de 18°, la diminution du paramètre temps dans les courbes Résistance-Temps, est de l'ordre de 3 % pour le

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 985 et 209, 1939, p. 397.

Portland, 4 % pour la chaux hydraulique et 10 % pour le ciment de laitier par augmentation de température de 1° C.

La proportion n'est pas constante, à 45° la diminution par degré centigrade du paramètre temps est :

1,5 % pour le Portland, 3 % pour la chaux hydraulique et 4 % pour le ciment de laitier.

A 70°, ces mêmes coefficients sont respectivement de l'ordre de 0,5 % ; 2 % et 2 %.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Recherches sur le jet critique plan.* Note (*) de M. **Charles Roumieu**, présentée par M. Joseph Pérès.

Formation d'une équation aux différences finies réalisant une approximation de l'équation des fluides compressibles.

Application au jet critique plan, à partir de l'équation approchée de Tricomi et à partir de l'équation exacte.

1. Lorsqu'on pose $\sqrt{\eta}\,d\eta = \sqrt{k}\,d\sigma$, l'équation $kf_{\theta\theta} + f_{\sigma\sigma} = 0$ des fluides compressibles prend la forme

$$\text{(1)} \qquad L(f) = T(f) - a(\eta) f_\eta = 0,$$

avec

$$T(f) \equiv \eta f_{\theta\theta} + f_{\eta\eta} \qquad \text{et} \qquad a(\eta) = -\sqrt{\frac{\eta}{k}}\frac{d}{d\eta}\left(\sqrt{\frac{k}{\eta}}\right).$$

Considérons le quadrillage défini par les droites $\theta = mh$, $\eta = \eta_n$; h est une constante positive, m et n des entiers; les η_n forment une suite croissante $\eta_0 = 0$. Lorsque h et les différences $k_n = \eta_{n+1} - \eta_n$ sont assez petites, on obtient une bonne approximation de (1) en y remplaçant les dérivées par des rapports de différences finies, ce qui donne une relation linéaire entre f^n_{m+1}, f^n_{m-1}, f^{m+1}_n, f^{n-1}_m et f^n_m, on pose $f^j_i = f(ih, \eta_j)$.

En supersonique, on peut annuler le coefficient f^n_m dans cette relation en posant $k_{n-1} = h^2/k_n\eta_n$, ce qui définit les $\eta_n (n < 0)$ à partir de $\eta_0 = 0$ et de η_{-1}. L'équation (1) est alors remplacée par :

$$\text{(2)} \qquad f^n_{m+1} + f^n_{m-1} - f^{n+1}_m - f^{n-1}_m + \frac{k_n - k_{n-1} - h^2\dfrac{a(\eta_n)}{\eta_n}}{k_n + k_{n+1}}(f^{n+1}_m - f^{n-1}_m) = 0,$$

dans laquelle ne figure plus f^n_m. Les diagonales du quadrillage présentent alors à l'égard de (2) des propriétés analogues à celles des caractéristiques de (1); en particulier, on peut résoudre le problème de Cauchy pour

(*) Séance du 19 décembre 1951.

l'équation (2) en calculant les f''_m de proche en proche le long de ces diagonales. η_{-1} semble arbitraire, mais, en général la suite des k_n est non monotone et les diagonales ne tendent pas vers des courbes ayant une tangente continue. Il existe une valeur particulière $\eta_{-1} = -1{,}125\,h^{\frac{2}{3}}$ pour laquelle la suite des k_n est monotone; les diagonales tendent alors vers les caractéristiques de (1).

En subsonique, on pose $k_n = h^2/\eta_n k_{n-1}$ et $\eta_1 = -\eta_{-1}$. L'équation (1) est alors remplacée par

$$f^n_{m+1} + f^n_{m-1} - f^{n-1}_m + f^{n-1}_m - 4f^n_m + \frac{k_{n-1} - k_n + h^2\dfrac{a(\eta_n)}{\eta_n}}{k_{n-1} + k_n} = 0, \tag{3}$$

grâce au choix de η_1 le dernier terme de cette équation devient très petit dès qu'on s'éloigne de la ligne sonique, ce qui rend très aisé l'emploi de la méthode de relaxation.

2. La fonction de courant $f(\theta, \eta)$ du jet critique est la solution de (1) définie par les conditions aux limites :

$$\eta = 0, \quad 0 < \theta \leq \frac{\pi}{2}, \quad f = 0; \qquad \theta = 0, \quad \eta > 0, \quad f = 1;$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}, \quad \eta \geq 0, \quad f = 0.$$

L'approximation de Tricomi consiste à remplacer $f(\theta, \eta)$ par la fonction $g(\theta, \eta)$ solution de $T(g) = 0$, vérifiant les mêmes conditions aux limites. $g(\theta, \eta)$ a été calculé de deux manières :

a. $g\theta, (\eta)$ est discontinue à l'origine. Mais soit la fonction $U[4\eta^3/(4\eta^3 + 9\theta^2)]$ telle que $T(u) = 0$, $u(0) = 0$, $u(1) = 1$. La différence $g^\star = g - u$ vérifie des conditions aux limites continues. On a calculé $g^\star$ par la méthode de relaxation en remplaçant $T(g^\star) = 0$ par l'équation aux différences finies obtenue en faisant $a = 0$ dans (3). En prenant $h = \pi/40$, on a obtenu, a désignant la demi-largeur aval :

longueur du jet : $X_T = 1{,}959\,a$, demi-largeur amont : $Y_T = 1{,}520\,a$.

b. En cherchant $g(\theta, \eta)$ sous forme d'un développement trigonométrique, et en sommant ce développement, on a obtenu

$$g(\theta, \eta) = -\frac{4}{\sqrt{\pi}\,\Gamma\left(\frac{1}{3}\right)\Gamma\left(\frac{1}{6}\right)}\int_1^\infty \operatorname{arctg}\frac{\operatorname{tg}\theta}{\mathrm{Th}\,\frac{2}{3}\eta^{\frac{3}{2}}t}\,\frac{dt}{(t^2-1)^{\frac{5}{6}}}.$$

Cette expression donne tous les éléments du jet. On a calculé X_T, Y_T et vérifié les valeurs trouvées précédemment.

3. Pour obtenir $f(\theta, \eta)$, on a utilisé $g(\theta, \eta)$ et calculé la fonction :

$$H(\theta, \eta) = g - bf + (b-1)\left(1 - \frac{2\theta}{\pi}\right); \qquad b = \exp\left(\frac{1}{2}\int_0^\eta a\,d\eta\right),$$

$H(\theta, \eta)$ est nulle sur le contour de la demi-bande $0 \leq \theta \leq \pi/2$, $\eta \geq 0$, et vérifie l'équation $L(H) = -b(a^2/4 - a'/2)$. Le calcul a été fait en remplaçant l'équation précédente par l'équation aux différences finies correspondante qui s'obtient en écrivant au second membre de (3) $-b(a^2/4 - a'/2)h^2/\eta_n$ à la place de 0. On a obtenu ainsi : longueur du jet : $x = 1,59a$; demi-largeur amont : $y = 1,34a$. D. F. Ferguson and M. J. Lighthill [1] ont obtenu $y = 1,3428a$ par une méhode tout à fait différente. G. Guderley [2] a indiqué le premier que le jet critique avait une longueur finie. P. Germain [3] a donné une démonstration de ce fait, mais à notre connaissance, aucune valeur numérique de cette longueur n'avait encore été donnée.

AÉROTHERMODYNAMIQUE. — *Mesure des coefficients de convection aux grandes vitesses et aux températures élevées.* Note (*) de MM. **Edmond Brun** et **Max Plan**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le dispositif décrit ici a servi à mettre au point une méthode destinée à étudier la convection forcée dans un domaine jusqu'ici peu exploré, celui des grandes vitesses et des températures élevées.

Un tube de section circulaire, en maillechort, d'un diamètre extérieur de 10 mm et d'une épaisseur de 0,25 mm, est coiffé, à l'amont, par une ogive. Il est placé dans la veine d'une soufflerie, de manière que son axe ait la direction de la vitesse de l'air dans la veine. Il est porté à température élevée (850° C) par un courant électrique, de forte intensité (jusqu'à 700 A), qui le parcourt, à partir de la base de l'ogive, sur une longueur de 60 mm. Les connexions électriques du tube avec la source d'énergie sont assurées par deux doubles tubes parcourus par un courant d'eau froide : l'un des doubles tubes passe à l'intérieur du tube en maillechort et aboutit à l'ogive, qui se trouve ainsi maintenue sensiblement à la température de l'eau de circulation; l'autre double-tube est soudé à un manchon, lui-même parcouru par le courant d'eau, qui limite, à l'aval, la partie chaude du tube de maillechort. Ainsi, d'une part, les soudures, bien refroidies, tiennent facilement et, d'autre part, la chaleur transmise par conduction le long des connexions métalliques est négligeable.

A l'aide d'un pyromètre optique à filament disparaissant, visant à travers la glace qui limite la veine de la soufflerie, la température est mesurée en un nombre de sections suffisant pour que l'on puisse tracer, avec assez de précision, la courbe de répartition des températures le long du tube chauffé.

---

(1) *Proc. Roy. Soc.* A 191, p. 323; A 192, p. 135.
(2) *Tech. Rep.*, n° F-TR 2168 N. D., Air Materie Command (Wright Field), 1947.
(3) *Note technique O.N.E.R.A.*, 1/1323 A.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

L'influence des bouts refroidis se manifeste, de chaque côté, sur une longueur d'une dizaine de millimètres.

La puissance thermique, entraînée par le courant d'air, est égale à la différence entre la puissance électrique fournie et les puissances thermiques qu'enlève le courant d'eau, d'une part, et que rayonne le tube de maillechort, d'autre part. Ces grandeurs sont déterminées quand on mesure l'intensité du courant électrique, la différence de potentiel aux extrémités de la portion chauffée du tube, le débit constant de l'eau dans chaque connexion, l'échauffement de l'eau lors de son trajet dans une connexion, le facteur d'émission du tube.

De la valeur moyenne de la température du tube, sur sa partie chauffée, on déduit le coefficient moyen de convection, en prenant, dans ce calcul, pour température de l'air, non point sa température réelle dans la veine, mais celle qu'aurait la paroi du tube dans la veine s'il n'était pas parcouru par un courant électrique ([1]).

En déterminant, à l'aide du gradient de température aux extrémités, la puissance transmise de chaque côté, au courant d'eau, par conduction à travers le tube de maillechort, il est possible de connaître également les coefficients locaux de convection aux diverses sections du tube.

Les expériences ont été faites, avec le même appareil, dans les mêmes conditions de température, successivement en écoulement subsonique (nombres de Mach compris entre 0,35 et 0,75) et en écoulement supersonique (nombres de Mach égaux à 1,90, 2,40 et 2,95).

Étant donnée la difficulté de l'interprétation théorique des résultats obtenus avec ce premier dispositif, il convient de ne pas attribuer trop d'importance aux valeurs absolues obtenues, les résultats étant surtout destinés à préciser l'évolution du phénomène de convection en fonction des conditions de l'écoulement. La précision des mesures est, d'ailleurs, plus grande en écoulement subsonique qu'en écoulement supersonique, car la fraction de la puissance électrique enlevée par convection est plus grande dans le premier cas que dans le deuxième, et cela pour deux raisons : d'une part, la pression de l'air est d'autant plus grande que la vitesse est plus faible; d'autre part, dans le domaine exploré, le coefficient de convection, à égalité de masse spécifique, est beaucoup plus grand en régime subsonique qu'en régime supersonique.

La représentation des résultats n'a de sens que si on les traduit en nombre sans dimension (par exemple, nombre de Margoulis $\mathcal{M}$ en fonction des nombres de Reynolds $\mathcal{R}$). Une difficulté se présente alors dans le calcul de ces nombres : c'est de savoir à quelle température de référence doivent être calculées les grandeurs qui y figurent pour que la représentation soit

---

([1]) E. Brun et M. Jampy, *J. Phys.*, 7, n° 6, 1936, p. 575.

indépendante des conditions de température et, si possible, du nombre de Mach M (température de l'air Θ_a, ou température de la paroi Θ_p, ou une température intermédiaire entre les deux précédentes). H. A. Johnson et M. W. Rubesin (²) ont proposé, à la suite de considérations empiriques, de choisir la température Θ définie par

$$\Theta = 0{,}42\,\Theta_a(1 + 0{,}076\,M^2) + 0{,}58\,\Theta_p.$$

En fait, avec une telle température, les résultats obtenus ici se placent, en *régime subsonique*, sur la courbe $\mathfrak{M} = f(\mathfrak{R})$ qui représente ceux obtenus, à des températures plus faibles, par d'autres auteurs.

Dans le cas de l'*écoulement supersonique*, le nombre de Margoulis augmente avec le nombre de Reynolds, ce qui indiquerait que la partie étudiée du tube correspond à la zone de transition. Ce résultat est confirmé par la forme de la courbe de répartition des températures le long du tube. Notons qu'en régime subsonique, pour les mêmes nombres de Reynolds, l'écoulement serait turbulent, mais le nombre de Reynolds critique augmente avec le nombre de Mach, et d'autant plus vite que la température est plus basse.

HYDRAULIQUE. — *Sur un dispositif électrique de mesure des niveaux rapidement variables en hydraulique.* Note (*) de MM. **Jean Lagasse** et **Jean Nougaro**, transmise par M. Charles Camichel.

Les auteurs proposent un dispositif de mesure et d'enregistrement des niveaux dynamiques basé sur l'emploi d'une jauge à fils ou à plaques plongeant dans le liquide.

Ils donnent un aperçu des applications de ce dispositif.

Pour des mesures de variations rapides de niveau, les dispositifs mécaniques habituellement utilisés présentent certains inconvénients provenant de leur inertie. Il nous a paru utile d'étudier et de réaliser un dispositif purement électrique dont un élément, facilement mesurable, serait fonction du niveau. L'inertie inhérente à tout système mécanique se trouve ainsi éliminée et il est possible d'enregistrer des oscillations de fréquence élevée.

Le dispositif proposé (*fig.* 1) est constitué par une jauge de mesure, insérée dans un circuit alimenté en courant alternatif, qui comprend l'équipage courant d'un oscillographe électromagnétique. L'alimentation est assurée par l'intermédiaire d'un transformateur et d'un auto-transforma-

(²) *Trans. A.S.M.E.*, 71, n° 5, 1949, p. 447.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

teur de réglage; le transformateur à secondaire isolé supprime les phénomènes d'électrolyse continus dus à des retours de courant par l'eau, dans le cas de distributions alternatives où le neutre n'est pas mis à la terre.

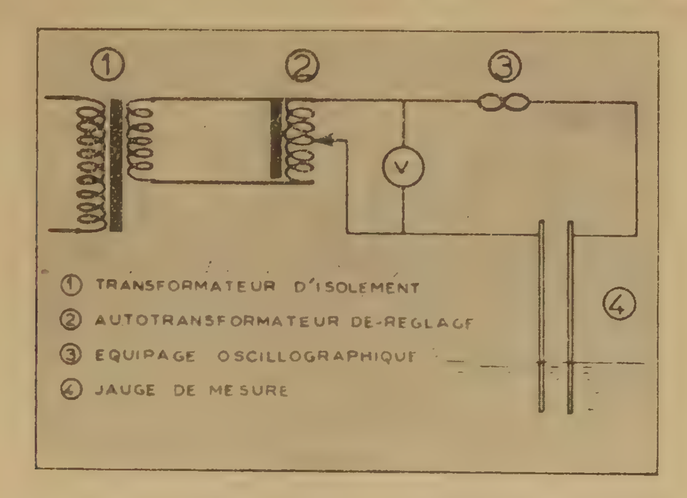


Fig. 1. — Schéma du dispositif.

Les jauges de mesure peuvent être constituées par deux fils d'argent de faible diamètre tendus entre deux armatures en matériau isolant, plexiglass par exemple, ou encore plus simplement, par des électrodes planes en duralumin.

La distance entre les deux électrodes est à adapter à la mesure à effectuer, pour tenir compte en particulier des effets de capillarité.

L'intérêt majeur du dispositif réside dans le fait que sa courbe de réponse est linéaire. Les variations ΔI de l'intensité du courant en fonction des variations correspondantes Δx du plan d'eau, sont données par la loi :

$$\Delta I = \frac{V}{K} \Delta x.$$

La détermination du coefficient K est effectuée par un étalonnage préalable de la jauge en niveaux statiques.

Nous avons appliqué le dispositif ci-dessus, dans un canal à ciel ouvert, à la mesure des surélévations du niveau, résultant de la propagation d'un phénomène d'intumescence.

Le canal était équipé de jauges de mesure, permettant l'enregistrement des variations de niveaux en six points, par l'intermédiaire d'un oscillographe électromagnétique Cambridge à six équipages.

Le dispositif a de même été utilisé pour la détermination des oscillations du plan d'eau dans un modèle réduit de cheminée d'équilibre (1).

(1) J. COTTE, *Thèse de doctorat d'Université*, Toulouse, 1950.

Les mesures ont été effectuées avec une jauge de 1,20 m de longueur à électrodes planes en duralumin poli; les résultats ont été comparés avec ceux obtenus à l'aide d'un appareil enregistreur à flotteur (*fig.* 2).

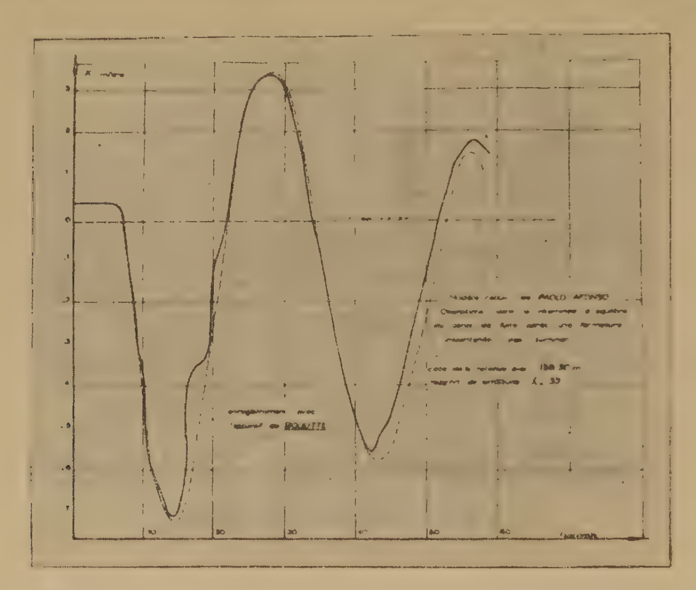


Fig. 2. — Enregistrement des oscillations dans un modèle réduit de cheminée d'équilibre effectué par le dispositif décrit (trait continu) et par un enregistreur à flotteur (trait interrompu).

Le rapprochement des deux courbes montre nettement que le poids et les dimensions du flotteur introduisent des erreurs appréciables qui nuisent à la précision de l'enregistrement.

On peut utiliser également ce dispositif avec une alimentation haute fréquence du circuit et un oscillographe électromagnétique à nombre de boucles important.

ASTRONOMIE. — *Sur la déviation du vertex.*
Note (*) de M. **Jean Delhaye**, présentée par M. André Danjon.

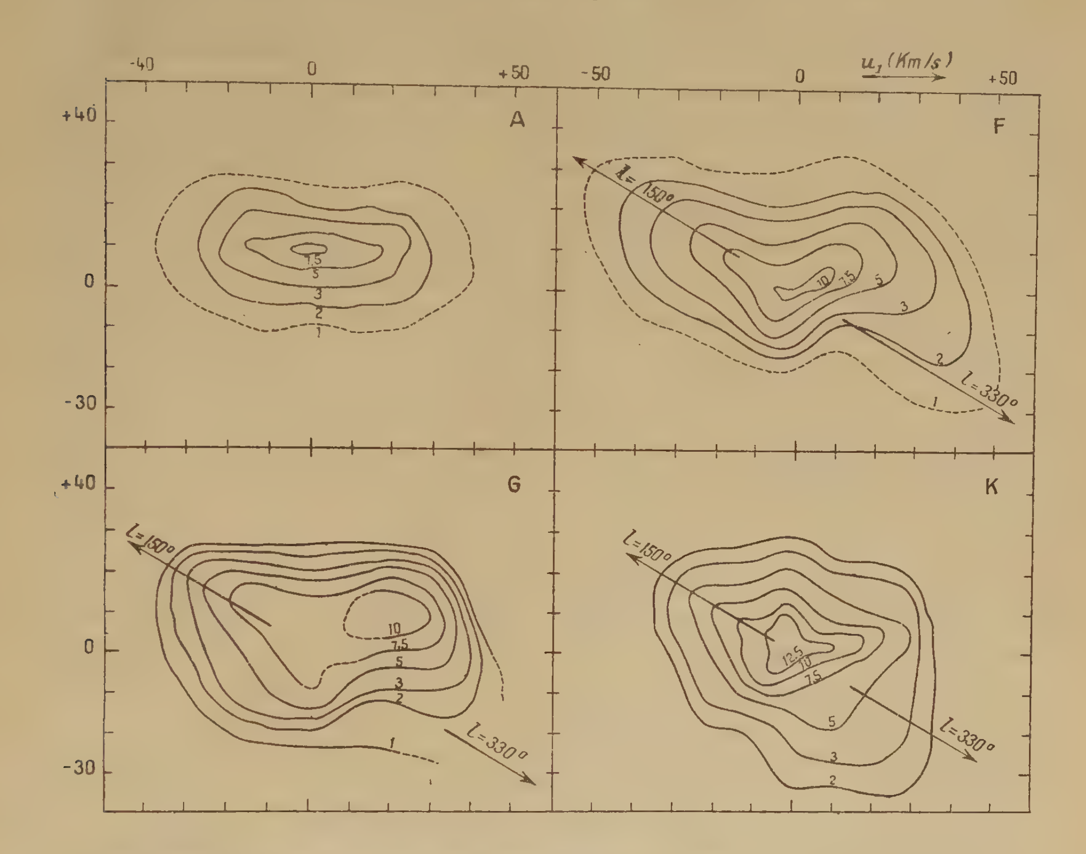
D'après la théorie de Oort-Lindblad, la direction du vertex devrait coïncider avec celle du centre galactique. Or, on a constaté un écart systématique entre ces deux directions, au moins pour les étoiles brillantes. J'ai moi-même trouvé cet écart pour les étoiles de magnitude 7 [1] en déterminant les éléments de leur ellipsoïde des vitesses au moyen de la *méthode de Schwarzschild*. En employant pour la détermination des mêmes éléments la *méthode des dispersions*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1454; *voir* aussi *Bull. Astron.*, **16**, 1951, p. 1.

proposée par Blaauw, j'ai retrouvé des résultats identiques pour les étoiles A, mais un vertex non dévié pour les étoiles F et K ([2]). J'ai proposé dans cette dernière Note une explication de ces différences.

Cette hypothèse consiste à rendre les petites vitesses responsables de la déviation du vertex, les grandes vitesses ayant un vertex normal.



Il est possible de préciser ce phénomène en étudiant la distribution des *vitesses spatiales* des étoiles brillantes. Pour le mettre en évidence, il a semblé que la méthode la plus directe était de tracer des courbes d'égale densité *empiriques* (uniquement à partir de dénombrements dans des aires égales) dans le nuage des points-vitesses en projection sur le plan galactique.

Vyssotsky ([3]) ayant montré que les vitesses de grande composante perpendiculaire au plan galactique semblaient ne pas présenter de déviation dans leur vertex, on n'a étudié que les vitesses pour lesquelles cette composante est inférieure en valeur absolue à 10 km : s.

Ces courbes sont représentées sur la figure; l'axe u_1 est dirigé vers la longitude 0° et l'axe v_1 vers la longitude 90°, les composantes u_1 et v_1 se rapportant

---

([2]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1422.

([3]) *Astron. J.*, 56, 1951, p. 62.

aux *vitesses corrigées du mouvement classique du Soleil* (de composantes + 17,0 km : s dans la direction de l'axe u et + 7,4 km : s dans la direction de l'axe v). La direction $l = 330°$ (voisine de la direction du centre du système galactique) qui est indiquée sur la figure ne résulte d'aucune détermination spéciale et n'a été portée sur les différentes parties de la figure que pour en faciliter l'examen.

On voit qu'il existe en effet une perturbation dans la distribution des vitesses des étoiles F et G et peut-être aussi dans celle des étoiles K. Cette perturbation affecte la forme des courbes de grande densité, donc la distribution des petites vitesses. Elle se situe en gros entre les longitudes 350 et 70° : dans la direction opposée au vertex ($l = 150°$) les courbes sont toutes régulières et allongées dans la direction normale, tandis que vers le vertex, seules les courbes de faible densité (grandes vitesses) ont leur grand axe normalement orienté.

Pour les étoiles A les courbes sont entièrement différentes, et elles expliquent le bon accord trouvé entre les résultats obtenus par les deux méthodes. Il semble que la plus grande partie des étoiles A appartiendrait à la *population perturbatrice*. On peut aussi rattacher à ce caractère anormal de la distribution des vitesses les variations trouvées dans le mouvement du Soleil par rapport aux étoiles des différents types spectraux, et notamment la plus petite vitesse du Soleil par rapport aux étoiles A et F.

Il resterait à trouver une interprétation dynamique de ce phénomène. Oort ([4]) et Vyssotsky ([3]) ont déjà amorcé une discussion de ce genre et les résultats indiqués dans la présente Note semblent bien montrer l'intérêt qu'il y aurait à la poursuivre.

ASTROPHYSIQUE. — *Photomètre infrarouge astronomique. Résultats préliminaires.* Note (*) de M. **Robert Hardie**, présentée par M. André Danjon.

On décrit un photomètre sensible à l'infrarouge utilisant pour la première fois un multiplicateur d'électrons à grande amplification. L'usage de cette cellule multiplicatrice rend possible l'utilisation jusque dans l'infrarouge des techniques qui ont déjà fait leurs preuves dans la région visible du rayonnement stellaire.

La partie essentielle de l'instrument est constituée par une cellule multiplicatrice construite à l'Observatoire de Paris par M. A. Lallemand. La cathode est du type $AgCs_2O$-Cs dont le maximum de sensibilité se situe vers 8500 Å. La sensibilité de la cathode est de l'orde de 50 μA : lumen (pour une source de lumière de 2300° C environ); cette sensibilité s'abaisse d'environ 70 % lorsqu'on

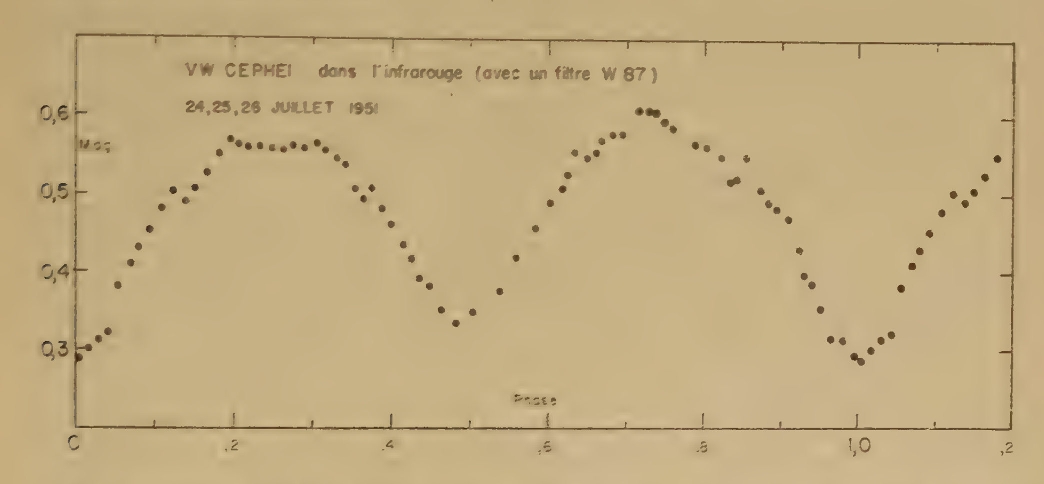
---

([4]) *Astrophys. J.*, **91**, p. 273, 1940.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

utilise un filtre Schott UG 7. La cellule possède 19 étages de multiplication. Elle fournit normalement un gain de 5 à 10.10⁷. Une des particularités intéressantes de cette cellule est son faible courant d'obscurité.

Dans le montage la cellule est contenue dans un récipient très étanche afin d'empêcher le dépôt de vapeur d'eau, ou d'autres substances conductrices, sur la cellule. La grande émission thermique de la cathode $AgCs_2O$-Cs exige une réfrigération de l'ensemble. Celle-ci est réalisée en entourant complètement la cellule par de la glace carbonique. On doit prendre de grandes précautions pour empêcher le récipient contenant la cellule d'aspirer de la vapeur d'eau pendant le refroidissement.



On a construit spécialement une alimentation stabilisée utilisant le secteur (110 V, 50 périodes). On a trouvé que le stabilisateur le plus commode était un stabilisateur *de courant*. Le schéma utilisé est essentiellement celui décrit par M. Gingrich [1], sauf que la résistance de charge a été remplacée par 36 lampes au néon en série. Des essais ont montré que des variations de ± 20 % dans la tension du secteur n'entraînaient pas plus de ± 0,02 % dans les tensions appliquées à la cellule. La sensibilité de l'ensemble du dispositif peut être modifiée, en agissant sur la tension des dynodes, pour cela on dispose d'une gamme de 10 tensions entre 90 et 120 V par étage d'alimentation. De cette façon on peut faire varier le gain d'environ 5.10^5 à environ 5.10^7, et comme le gain est une fonction logarithmique de la tension, à chacun des dix intervalles de tension correspond une variation de sensibilité d'une demi-magnitude. En shuntant le galvanomètre on peut diminuer la sensibilité, cependant cette façon de procéder ne doit être utilisée qu'avec de grandes précautions pour éviter de surcharger l'anode de la cellule.

Le galvanomètre utilisé dans les mesures avait une sensibilité d'environ 5.10^{-10} A : division. Nous avons pour certaines observations disposé d'un

(1) *Rev. Sc. Instr.*, 7, 1936, p. 207.

enregistreur photographique du spot. La constante de temps du galvanomètre était d'environ une demi-seconde. Le courant d'obscurité débité par la cellule, normalement refroidie, était de l'ordre de 10^{-9} A pour la tension la plus élevée et l'amplitude moyenne du bruit de fond voisine de la même valeur.

Les filtres comprenaient des filtres Schott UG 7, UG 8 et des filtres Wratten 87, 88. On a trouvé le Wratten 87 particulièrement commode pour les mesures décrites ci-dessous; on estime que le centre de la bande est situé vers 8500-9000 Å.

Les observations ont été effectuées à l'aide du télescope de 80 cm de l'Observatoire de Haute-Provence, utilisé en Cassegrain (*f* 15). Des mesures faites pour plusieurs étoiles montrent que l'appareil est sensible à la lumière d'une étoile du type A0 de magnitude 10 en utilisant un télescope de 80 cm et un filtre W 87 en conservant toujours un rapport favorable entre le signal et le bruit (au moins 10). Pour une étoile du type K 5 on a un indice de couleur d'environ 2,5 magnitudes.

On avait espéré obtenir des observations de quelques systèmes doubles du type Algol pour lesquels on ne connaît pas bien la forme des éclipses secondaires, mais le temps n'a permis que très peu d'observations. Néanmoins on a l'indication que la profondeur de l'éclipse secondaire de U Sge est de l'ordre de 0,2 magnitude dans l'infrarouge.

On a étudié l'étoile VW Cep (HD 197433) du type W *Ursæ Majoris*. Malgré que l'on n'ait pas obtenu la courbe de lumière entière dans une nuit (la période est 6 h 41 mn), on a vu que certaines caractéristiques changent d'un cycle à l'autre, et il n'est pas possible de combiner, pour une analyse soigneuse, des cycles distincts. La courbe présentée dans cette Note n'est qu'une illustration de la technique et ne se prête pas à une analyse minutieuse. Elle est obtenue en utilisant les mesures du 24-25 juillet et du 25-26 juillet 1951, pour montrer les caractéristiques générales, les bosses avant et après les maxima et qui changent de formes et de phase d'un cycle à un autre. Il faut d'autres observations de cycles complets de cette étoile, faites au cours de nuits très bonnes pour étudier les caractéristiques fluctuantes de ce système intéressant.

ASTROPHYSIQUE. — *Températures électroniques et degrés d'excitation des nébuleuses gazeuses*. Note (*) de M. **Henri Andrillat**, présentée par M. André Danjon.

Nouvelles déterminations des températures électroniques de neuf nébuleuses gazeuses. Les valeurs obtenues croissent linéairement avec le degré d'excitation de la nébuleuse, caractérisé par le rapport des intensités des raies He II (4686)/H β(4861) ou He II (4686)/He I (4471).

La température électronique T_e d'une nébuleuse gazeuse se déduit aisément

(*) Séance du 19 décembre 1951.

du rapport des intensités énergétiques des raies $^3P - {}^1D$ et $^1D - {}^1S$ de [OIII]. La seule difficulté pratique provient du fait que les premières raies (5007 et 4959 Å) sont beaucoup plus fortes que la dernière (4363 Å). Dans une Note précédente ([1]), j'ai décrit les méthodes photométriques que j'utilise. La difficulté signalée plus haut est éliminée et j'ai indiqué les résultats des premières déterminations relatives à cinq nébuleuses (quatre nébuleuses planétaires et la nébuleuse d'Orion). De nouveaux clichés pris encore à l'Observatoire de Haute-Provence avec le même spectrographe et mesurés suivant les mêmes méthodes, m'ont permis de préciser ces premières valeurs et d'évaluer les températures électroniques de quatre autres nébuleuses planétaires. J'ai utilisé cette année les plaques Eastman Kodak 103 *a*O de préférence aux plaques 103 *a*G, la rapidité des 103 *a*O m'ayant permis d'étudier des nébuleuses de brillance plus faible. Le passage des intensités photographiques aux intensités énergétiques par l'intermédiaire du spectre continu d'une étoile de température de couleur bien connue, conduit toujours sensiblement au même résultat que le passage effectué à l'aide des raies $H\beta$ et $H\gamma$ et du décrément de Balmer ([1]). La discussion de l'ensemble de mes mesures (années 1950 et 1951) conduit aux températures électroniques ci-après. J'indique successivement le numéro de la nébuleuse, sa température électronique, l'écart quadratique moyen des diverses déterminations E et le nombre de ces déterminations *n* concernant une même nébuleuse :

N. G. C...	7 662.	6 720.	7 027.	II 5 217.	6 803.	7 009.	6 572.	Orion.	6 543.
T_ε (°K)..	25 500°	24 000°	21 500°	18 000°	16 500°	15 000°	15 000°	10 000°	9 500°
E........	1 600°	?	1 650°	–	–	470°	400°	–	–
n........	8	1	14	1	1	4	6	1	1

Ces valeurs paraissent exactes en général à 1000° près; elles sont, pour la plupart, plus élevées que celles proposées par les observateurs précédents ([2]).

Qualitativement, la température électronique semble croître avec le degré d'excitation de la nébuleuse, comme je l'ai déjà indiqué ([1]). Pour caractériser quantitativement ce degré d'excitation, on peut, comme le propose Page ([3]), mesurer le rapport des intensités des raies He II 4 686/$H\beta$ 4 861 A, ou encore quand cela est possible, le rapport des intensités de raies He II 4686/He I 4471. Ces mesures sont aisées, car les raies comparées sont proches et les rapports d'intensités voisins de l'unité. En portant en abscisse les rapports He II 4686/$H\beta$ ou He II 4686/He I 4471 et en ordonnées les températures électroniques T_ε mesurées, on obtient les graphiques reproduits aux figures 1 et 2. On voit que, dans l'ensemble, les points se placent bien sur une droite. Le seul point

---

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1432.

([2]) Menzel, Aller et Hebb, *Astrophys. J.*, **93**, 1941, p. 230.

([3]) *Astrophys. J.*, **96**, 1942, p. 78.

aberrant sur la figure 1 correspond à la nébuleuse de la Lyre (N. G. C. 6720) dont l'unique cliché a été pris dans des conditions défavorables d'observation.

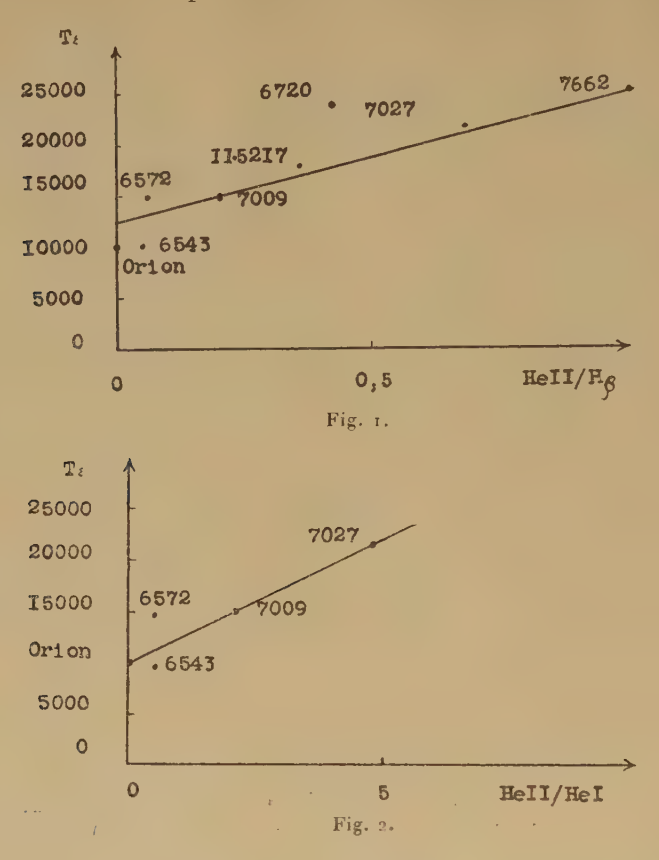


Fig. 1.

Fig. 2.

J'ai constaté encore l'existence d'une assez bonne corrélation linéaire entre les températures électroniques données ci-dessus et les températures des étoiles centrales excitatrices des nébuleuses planétaires correspondantes. Ces températures d'étoiles sont celles données par Vorontsov-Velyaminov [4].

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la quantification de la nouvelle théorie classique de Dirac.* I. Note de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'introduction de l'aspect ondulatoire de la matière dans la nouvelle théorie classique redonne les équations d'une théorie antérieure de Dirac. Ces équations se réduisent pour $\hbar \to 0$ aux équations classiques. Le quantum élémentaire e de la charge n'apparaît que dans les relations de commutation d'une seconde quantification.

Dirac a proposé récemment une nouvelle théorie de l'électrodynamique

(4) *Russian Astrophysical Journal*, 11, 1934, p. 40.

classique (1). Le contenu de cette théorie devient encore plus clair dans la lumière d'un résultat antérieur de Marcel Riesz selon lequel, étant donné un ensemble des lignes d'univers d'électrons obéissant à l'équation de Lorentz, le champ produisant le mouvement des électrons peut être calculé à partir d'un potentiel proportionnel au champ de quadrivitesse (2). Les équations données par Dirac expriment donc sous une forme simple que le mouvement des charges s'effectue dans le champ produit par les charges elles-mêmes.

En essayant de formuler le problème analogue pour un milieu continu, chargé, sans spin et soumis aux lois de la mécanique ondulatoire, on retrouve les équations d'une théorie déduite antérieurement par Dirac à partir des considérations générales concernant sa théorie des hypersurfaces paramétrisées (3). Nous voulons expliciter ces équations sans faire appel à la théorie des hypersurfaces, en montrant que dans la limite $\hbar \to 0$ ces équations se réduisent aux équations classiques de Dirac. Elles représentent donc une première quantification de cette théorie.

Considérons donc l'équation d'onde

$$(1)\qquad \frac{1}{2m}\left\{-\left(i\hbar\,\partial_\mu+\frac{e}{c}\mathrm{A}_\mu\right)\left(i\hbar\,\partial^\mu+\frac{e}{c}\mathrm{A}^\mu\right)+m^2c^2\right\}\psi=0,$$

comme décrivant le mouvement d'un milieu continu chargé. En suivant l'idée de Dirac, posons

$$(1\,a)\qquad \psi=a\,e^{i\theta},\qquad \psi^*=a\,e^{-i\theta},$$

$$(1\,b)\qquad \frac{e}{c}\mathrm{V}^\mu=\frac{e}{c}\mathrm{A}^\mu-\partial^\mu(\hbar\theta),$$

avec des fonctions a et θ réelles. L'équation (1) se décompose en deux équations réelles

$$(2)\qquad \left\{\frac{\hbar^2}{2m}\partial_\mu\,\partial^\mu+\frac{1}{2}mc^2-\frac{1}{2}\frac{e^2}{mc^2}\mathrm{V}_\mu\,\mathrm{V}^\mu\right\}a=0,$$

$$(3)\qquad \partial_\mu\left\{2\frac{e^2}{c^2}a^2\mathrm{V}^\mu\right\}=0.$$

(3) est l'équation de continuité $\partial_\mu s^\mu=0$ du courant

$$(4)\qquad s^\mu=\frac{e}{c}\left\{\left(i\hbar\,\partial^\mu-\frac{e}{c}\mathrm{A}^\mu\right)\psi^*\psi-\psi^*\left(i\hbar\,\partial^\mu+\frac{e}{c}\mathrm{A}^\mu\right)\psi\right\}=-2\frac{e^2}{c^2}a^2\mathrm{V}^\mu.$$

Ce courant est proportionnel au potentiel V^μ dont la jauge est liée selon (1 b) à la phase θ des ondes décrivant le mouvement du milieu.

---

(1) P.A.M. DIRAC, *Conférence faite à Copenhague*, le 10 juillet 1951, *Proc. Roy. Soc.*, A, 209, 1951, p. 291.

(2) Résultats non publiés.

(3) P.A.M. DIRAC, *Nuovo Cimento*, 7, 1950, p. 925.

Si l'on demande, d'autre part, que les champs dérivés du potentiel A^μ ou V^μ satisfassent aux équations de Maxwell $\partial_\nu F^{\mu\nu} = - s^\mu$, avec l'expression (4) du courant, on obtient les équations

$$\partial_\nu(\partial^\mu V^\nu - \partial^\nu V^\mu) = 2\frac{e^2}{c^2}a^2 V^\mu. \tag{5}$$

L'équation (3') est alors une conséquence des équations (5).

Remarquons maintenant que si $a \neq 0$, l'équation (2) peut s'écrire sous la forme

$$V_\mu V^\mu = \frac{1}{e^2}\frac{1}{a}\{(\hbar c)^2 \partial_\mu \partial^\mu + (mc^2)^2\} a, \tag{2a}$$

$$V_\mu V^\mu = \left(\frac{mc^2}{e}\right)^2 \quad \text{pour} \quad \hbar \to 0. \tag{2b}$$

On voit qu'avec $\lambda = 2(e^2/c^2)a^2$ les équations (5) et (2 b) résultant de (5) et de (2) pour $\hbar \to 0$, sont les équations de la nouvelle théorie classique de Dirac. Pour $\hbar \neq 0$ la longueur du potentiel vecteur V^μ n'est plus constante, mais dépend de a suivant (2 a). Dans la théorie classique, la condition (2 b) correspondait avec (1 b) et $S = \hbar\theta$ à l'équation de Hamilton-Jacobi des charges Celle-ci est remplacée par l'équation d'onde (2).

En introduisant les quantités

$$B^\mu = \frac{e}{c}V^\mu, \qquad b = \sqrt{2}\frac{e}{c}a, \tag{6a}$$

les équations (5) et (2) s'écrivent sous la forme

$$\begin{cases} \partial_\nu(\partial^\mu B^\nu - \partial^\nu B^\mu) = b^2 B^\mu, \\ \{\hbar^2 \partial_\mu \partial^\mu + m^2c^2 - B_\mu B^\mu\} b = 0. \end{cases} \tag{6}$$

Sous cette forme elles ne contiennent plus la constante e, en accord avec le point de vue d'un milieu chargé continu. L'aspect ondulatoire de la matière introduit la constante $\hbar$ dans la théorie, tandis que le quantum élémentaire de la charge ne doit apparaître qu'après la quantification de la charge. Selon (6 a) elle apparaîtra dans la constante des relations de commutation d'une seconde quantification, en introduisant des opérateurs pour les quantités B^μ et b. La quantification de la charge électrique et du champ électromagnétique se feront dans la même étape de la théorie. Pour $e^2 \to 0$ les commutateurs correspondants tendront vers zéro, et l'on retrouvera la théorie des équations (6) sans seconde quantification.

La variation de $\int d^4x\, L(x)$ avec la densité de Lagrange

$$L = -\frac{1}{4}(\partial_\mu B_\nu - \partial_\nu B_\mu)(\partial^\mu B^\nu - \partial^\nu B^\mu) + \frac{1}{2}b^2 B_\mu B^\mu + \frac{1}{2}\hbar^2 \partial_\mu b\, \partial^\mu b - \frac{1}{2}m^2c^2 b^2 \tag{7}$$

donne les équations (6) comme équations de champ. Pour $\hbar \to 0$, (7) se réduit à la densité de Lagrange classique de Dirac, avec la factorisation $\lambda = b^2$.

Nous reviendrons au problème de la formulation hamiltonienne et de la quantification de la charge et du champ dans la Note suivante.

CHALEUR. — *Théorie simplifiée de la hauteur des flammes laminaires de diffusion.* Note (*) de M. **Francis Guyomard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

En vue d'établir une théorie qui rende compte de la forme et des propriétés des flammes de diffusion, Burke et Schumann [1] opèrent avec un dispositif expérimental constitué par deux cylindres coaxiaux amenant le combustible et le comburant en contact à la même vitesse. Ils déterminent le champ des concentrations C en considérant uniquement un phénomène de diffusion, ils admettent ensuite que celui-ci n'est pas modifié par la combustion, le front de flamme est défini par la surface où $C = 0$ (C, concentration en volume du combustible).

Si l'on considère les vitesses de réaction et de diffusion, il est possible de démontrer que la combustion a lieu dans une pellicule dont l'épaisseur e est de l'ordre du millimètre. Envisageons un élément cylindrique de rayon R ($C_{\text{init}} = 1$), animé de la vitesse U parallèle à son axe, et étudions l'évolution de C à l'intérieur de cet élément. Faisons intervenir la combustion comme condition à la limite; elle a pour effet de maintenir $C = 0$ pour $r = R$; pour être rigoureux il faudrait prendre $C = 0$ pour $R - e < r < R$, car la variation de C dans la pellicule n'est plus seulement fonction de la diffusion; toutefois si l'on tient compte du rapport de e à R, on peut montrer que cette erreur est faible.

Nous traiterons le problème en trois parties :

1° Nous faisons les hypothèses simplificatives successives suivantes : Coefficient de diffusion δ constant; rayon de l'élément égal à R_0 = rayon du brûleur, diffusion exclusivement radiale; champ de vitesses uniforme; $C = 0$ pour $r = R$.

2° Dans la solution obtenue, on envisage les modifications amenées par la combustion.

3° On envisage les modifications dues à une répartition parabolique des vitesses; l'air de combustion étant immobile.

Premier cas. — On est conduit à l'équation

$$\delta\left(\frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial C}{\partial r}\right) = \frac{\partial C}{\partial t}. \tag{1}$$

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) *Indust. Engng. Chem.*, 20, 1928, p. 998.

On ne garde que la solution fondamentale et :

$$C(r, t) = J_0\left(2,4\frac{r}{R}\right)\exp - 5,76\,\delta\frac{t}{R^2}.$$

Si l'on considère différents brûleurs, C donnée sera atteinte après des temps $\alpha R_1^2/\delta$, $\alpha R_2^2/\delta$, ..., la hauteur atteinte sera $h = Ut = \alpha U(R^2/\delta)$, donc :

1° pour un brûleur donné la hauteur est proportionnelle à la vitesse;

2° pour des brûleurs différents la hauteur est proportionnelle au débit $(\pi R^2 U)$.

Pour déterminer la hauteur de la flamme, il faudrait connaître la valeur limite de C.

Deuxième cas. — La chaleur dégagée élève la température des gaz, δ varie comme $\delta_0(T/T_0)^n$ $(n \neq 2)$.

On peut écrire, si les masses spécifiques du combustible et du comburant diffèrent peu,

$$\int_0^R 2\pi r u^2 \rho_0 \frac{T_0}{T}\,dr = \pi R_0^2 u_0^2 \rho_0 \qquad (\text{conservation de } m\vec{V}),$$

$$\int_0^R 2\pi r u \frac{T_0}{T}\,dr = \pi R_0^2 u_0 \qquad (\text{conservation de } m).$$

On déduit $u = u_0$. Mais la température T dans une section plane de l'élément est de la forme

$$T = T_p - (T_p - T'_0)\,J_0\left(2,4\frac{r}{R}\right)\exp - \frac{5,76\lambda}{C\rho R^2}t.$$

Dans ce cas les termes considérés comme constants dans l'équation (1) sont variables et il est impossible de résoudre le problème.

On aura recours à une simplification en choisissant une température moyenne, dans ce cas $R^2 = R_0^2 T_m/T'_0$, $\delta = \delta_0(T_m)^2/T_0$ (T_p, température de la pellicule; T'_0, température à la sortie du brûleur; T_0, température ambiante).

Troisième cas. — Si l'air de combustion est immobile, il y a déformation de l'élément, envisageons une zone voisine de l'axe où les vitesses sont pratiquement égales, dans ce cas

$$U = U_M \times C_{\text{axe}}, \qquad U_M = 2\,U_{\text{moy}} = \frac{2\,Q_0 T'_0}{\pi R_0^2 T_0},$$

et la hauteur atteinte $h_{(c_0)} = \int_0^{t_0} V\,C\,dt$. Cette intégrale converge rapidement et l'on peut l'étendre à l'infini, sans erreur appréciable, d'où

$$h = \frac{2\,Q_0 T_0}{5,76 \times \pi \times \delta_0 \times T_m};$$

si l'on applique le résultat aux valeurs extrêmes avec

$Q_0 = 35\ \text{cm}^3/\text{sec}$, $T_0 = 300°\,K$, $\delta_0 = 0,135$, $T'_0 = 400°\,K$,
$T_m = 1600$ ou $400°\,K$, $h_{1600} = 5,4\ \text{cm}$, $h_{400} = 21,6\ \text{cm}$, or $h\,(\text{exp}) = 20\ \text{cm}$.

Le résultat peut être considéré comme satisfaisant compte tenu des approximations faites. De plus il permet d'interpréter qualitativement la variation de h en fonction du préchauffage (celui-ci diminue h, par augmentation de T_m).

MOUVEMENT BROWNIEN. — *Vérification expérimentale de la théorie du mouvement brownien à l'aide de mesures de diffusion d'un sol de noir de carbone.* Note de MM. **Jean-Baptiste Donnet** et **Charles Sadron**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On vérifie expérimentalement avec des hydrosols de noir de carbone, que la loi de Stokes est encore valable pour des sphérules dont le diamètre est de l'ordre de deux centaines d'Angströms.

Les célèbres expériences de J. Perrin [1] et de ses collaborateurs [2] ont montré que la théorie du mouvement brownien telle que l'a faite Einstein [3], [4] est bien vérifiée par l'expérience pour les sols de gomme gutte, avec des particules de dimensions comprises entre 0,21 μ et quelques microns.

Il apparaissait nécessaire de vérifier expérimentalement que cette théorie demeure valable pour des particules plus petites.

Nous nous sommes proposé cette étude en utilisant un sol de noir de carbone contenant des particules sphériques [5] dont la répartition des diamètres donnée par la figure a été déterminée au microscope électronique.

Le principe de cette vérification expérimentale consiste à comparer la constante de diffusion Δ calculée à partir des dimensions des particules, grâce à la formule (1), à la valeur de Δ mesurée par des expériences de diffusion solution-solvant.

La théorie d'Einstein conduit en effet à la formule

$$\Delta = \frac{kT}{f}, \tag{1}$$

dans laquelle k est la constante de Boltzmann, T la température absolue, f le coefficient de frottement hydrodynamique de la particule en mouvement dans

(1) *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 475 et 594; *Ann. Chim. Phys.*, **18**, 1909, p. 1; *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 1165.

(2) J. Perrin et N. Bjerrum, *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 1569; J. Perrin et Dabrowski, *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 477; Chaudesaigues, *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 1044. D'autres vérifications expérimentales dans le même domaine de dimensions ont été faites. *Voir* à ce sujet : J. Duclaux, *Mouvement Brownien* I et II, Hermann et Cie, Paris, 1937 et 1938.

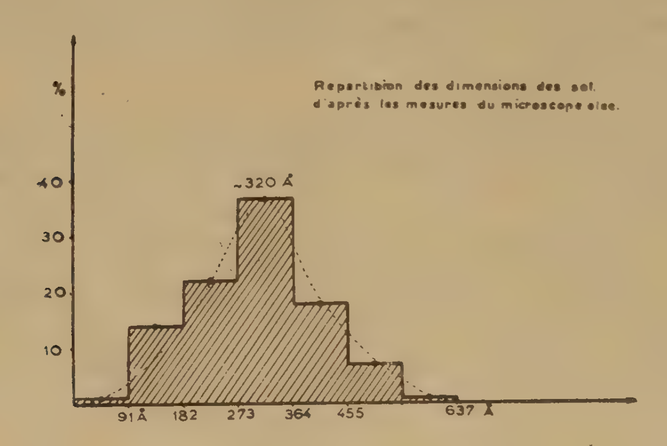
(3) *Ann. Physik.*, **17**, 1905, p. 549; **19**, 1906, p. 371.

(4) *Voir* aussi : Smoluchowski, *Bull. Acad. Cracovie*, 1906, p. 577.

(5) J.-B. Donnet et J. Boissier, *Comptes rendus*, à paraître.

un fluide visqueux; pour une sphère, on admet avec Stokes [6] $f = 6\pi\eta_0 r$, η_0 étant la viscosité du solvant, r le rayon de la particule sphérique.

Cette formule n'est applicable qu'aux milieux monodispersés. Dans le cas d'un milieu polydispersé comme l'est la suspension de noir de carbone que nous avons employée, la courbe de répartition de la concentration dans la cuve



de diffusion à un instant donné a la forme prévue par la théorie pour un milieu dispersé [7] dont la constante de diffusion apparente Δ serait donnée par la formule

$$\Delta = \left(\frac{1}{\Sigma_i \frac{c_i}{\sqrt{\Delta_i}}} \right)^2 = \frac{1}{\left(\Sigma \frac{c_i}{\sqrt{r_i}} \right)^2} \frac{kT}{6.\pi.\eta_0}. \tag{2}$$

Dans cette équation Δ_i représente la constante de diffusion des particules de rayon r_i dont le pourcentage dans le mélange est égal à c_i.

Dans le présent cas, avec les valeurs de r_i et c_i données par la courbe de distribution de la figure, on a à la température de 293,0° K :

$$\Delta_{\text{calc}} = 1,4.10^{-7}\ \text{C.G.S.} = 10\%.$$

L'erreur provient de l'incertitude sur les dimensions mesurées au microscope électronique.

Nos mesures de diffusion ont été faites avec un montage déjà décrit [8] que nous avons dû toutefois perfectionner à bien des égards, la réalisation de mesures correctes dans le domaine de concentration accessible aux mesures (entre 1 et 2.10^{-5} g : cm³) étant particulièrement difficile.

---

(6) *Camb. Phil. Soc. Trans.*, 7, 1842.

(7) D. Kahn et A. Polson, *J. Phys. Coll. Chem.*, 51, 1947.

Les courbes expérimentales $c = f(x)_t$ ont été obtenues par absorption de la lumière et Δ calculé par la méthode du point d'inflexion ([7]).

Nous avons vérifié, qu'aux erreurs d'expériences près, Δ mesuré est indépendant de la concentration dans ce domaine, et que les courbes expérimentales sont bien des courbes de Gauss. Nos expériences donnent à 293°K $\pm$ 0,1

$$\Delta_{mes} = 1,5.10^{-7} \text{ C. G. S.} \pm 10\%.$$

L'écart entre Δ_{calc} et Δ_{mes} est inférieur aux erreurs expérimentales, il s'ensuit que la théorie du mouvement brownien est vérifiée tout au moins à la précision de nos expériences, et que la loi de Stokes est encore valable pour des sphérules de 100 Å de diamètre.

ULTRASONS. — *Étude du dégazage des liquides sous l'effet des vibrations ultrasonores à* 80 *et* 17,7 *kc:s.* Note (*) de M. **Brice Derouet**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a observé le dégazage de l'eau ayant dissous de l'air sous diverses concentrations en fonction de l'amplitude des vibrations ultrasonores et de la pression maintenue au-dessus du liquide étudié. On en a déduit un mécanisme possible de formation des bulles dans le liquide et une détermination du rayon minimum des bulles formées. Les expériences ont eu lieu avec des ondes planes et stationnaires.

1. *Mécanisme de la formation des bulles.* — La concentration en gaz du liquide étant C_0, on la repère par la pression P_0 que devrait avoir le gaz au-dessus du liquide pour que celui-ci soit saturé au sens de la loi de Henry. On appelle P la pression effective au-dessus du liquide (P est bien entendu supérieure à P_0), et ΔP l'amplitude de la pression ultrasonore.

L'expérience prouve que, quelle que soit P_0, l'apparition des bulles a lieu pour une valeur déterminée de $P - P_0$ telle que $(P - P_0)/\Delta P$ ne dépend que de la fréquence, au moins à la limite pour les grandes valeurs de ΔP. D'autre part, les bulles naissent aux ventres de pression, ce qui est particulièrement observable à 17,7 kc : s.

Sur un graphique, portons en abscisses les distances d'un point considéré à la source ultrasonore, en ordonnée les pressions. La pression ultrasonore oscille autour de P. Au sein du liquide, et *aux ventres de pression*, on a, à l'instant t, une pression qu'on peut représenter par exemple par

$$P + \Delta P \sin \omega t.$$

A partir de l'instant τ_1 défini par

$$P + \Delta P \sin \omega \tau_1 = P_0,$$

([8]) J.-B. Donnet, H. Zbinden, H. Benoit, M. Daune, N. Dubois, J. Pouyet, G. Scheibling et G. Vallet, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 52.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

le ventre de pression que l'on a repéré sur le graphique en X_0 se trouve être un point sursaturé de gaz et il y reste jusqu'à l'instant τ_2 défini encore par

$$P + \Delta P \sin \omega\tau_2 = P_0.$$

De même, depuis l'instant τ_2 jusqu'à l'instant τ_3 tel que

$$\sin \omega\tau_3 = \sin \omega\tau_1,$$

le liquide, au point X_0, n'est plus saturé, puisque dans l'intervalle $(\tau_2 - \tau_3)$ la pression dans le liquide est supérieure à P_0.

Dans l'intervalle $(\tau_1 - \tau_2)$ il naît des bulles; elles atteignent un certain rayon r. Sous l'effet de l'excès de pression qui suit dans l'intervalle $(\tau_2 - \tau_3)$, elles se résorbent, ou ne se résorbent pas, suivant que le temps nécessaire à lenr résorption est inférieur ou supérieur à l'intervalle $\tau_2 - \tau_3$.

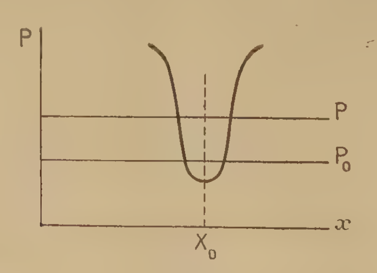
2. *Temps de résorption d'une bulle.* — Van Iterson avait déjà fourni, en 1936 ([1]), un temps d'écrasement d'une bulle de rayon r, dans un liquide de densité ρ et de constante de tension superficielle A. Il obtenait

$$t = 0,878\sqrt{\frac{r^3\rho}{2A}}.$$

En faisant intervenir les équations qui régissent les ébranlements à symétrie sphérique dans un fluide, on a pu trouver un temps

$$t = 0,815\sqrt{\frac{r^3\rho}{2A}}.$$

3. *Résultats expérimentaux.* — Au fur et à mesure que ΔP croît, $P - P_0$ croît, mais $(P - P_0)/\Delta P = \sin\omega\tau_1$ tend vers une limite qui ne dépend que de la fréquence. A 80 kc : s $\sin\omega\tau_1$ devient très vite peu différent de 0,28 alors que cette valeur est portée à 0,35 pour 17,7 kc : s.



Les intervalles $\tau_2 - \tau_3$ valent alors respectivement $7,31/10^6$ sec et $34,65/10^6$ sec à 80 kc : s et 17,7 kc : s, et les rayons des plus petites bulles formées qui leur correspondent sont $2,0/10^6$ cm et $6,6/10^6$ cm. L'importance de ce dernier rayon rend accessible l'observation du phénomène à 17,7 kc : s.

([1]) *Proc. Kön. Aca. Wetenschappen*, Amsterdam, 39, 1936, n° 3, p. 330.

Ainsi, à une fréquence ultrasonore déterminée, un accroissement de ΔP n'entraîne pas un accroissement proportionnel du diamètre des bulles formées. Ce dernier tend vers une limite qui n'est fonction que de la seule fréquence.

Bien entendu, ces bulles une fois formées aux ventres se rassemblent aux nœuds de pression, de sorte que si l'on a des ondes stationnaires ultrasonores bien formées, on obtient un aspect assez frappant des bulles définitives étagées tous les $\lambda/2$ avec dans les intervalles à $\lambda/4$ une création continue de petites bulles dans des tranches très minces.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Éléments cardinaux d'un nouveau modèle de lentille électronique.* Note (*) de M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Louis de Broglie.

On donne des formules simples facilitant l'usage du modèle mathématique de lentille décrit dans une Note précédente ([1]) et un tableau de valeurs des éléments cardinaux.

Le modèle mathématique de lentille décrit dans une Note précédente se montre fidèle dans nombre d'applications. Mais les fonctions auxquelles il fait appel pour représenter les rayons électroniques, les fonctions de Legendre $P_\nu(\operatorname{th} x)$, d'indice ν non entier sont peu connues en physique, c'est pourquoi je décris ici les tables numériques que j'ai établies et les formules qui leur servent de base.

1. Éléments cardinaux classiques. — Le tableau donne f/a et z_F/a, calculés à l'aide de la table de $\psi(\nu)$ de la référence ([2]).

2. Éléments cardinaux immergés. — 1° *Position du foyer* G. — La difficulté est de déterminer les racines de $P_\nu(\operatorname{th}\xi)=0$. Nous écrirons cette équation $P_\nu(\cos\theta)=0$ en adoptant la forme $P_\nu(\cos\theta)$ usuelle en mathématique et nous diviserons le domaine des valeurs de ν, physiquement intéressant $0<\nu\leq 3/2$ en plusieurs morceaux.

Pour les faibles valeurs de $\nu(0<\nu<0,6)$ P_ν est bien représentée par son asymptote corrigée au premier ordre par la méthode des perturbations [*cf.* ([3]), p. 196-199]. On obtient

$$(1) \qquad y_2=(\alpha x+\beta)[1-h^2\log(1+e^{2x})]+\alpha h^2\left[e^{2x}-\frac{e^{4x}}{4}+\frac{e^{6x}}{9}\cdots\right],$$

l'expression $y_1=\alpha x+\beta$ résumant l'équation de l'asymptote donnée dans la Note précédente à laquelle nous renvoyons pour les notations. Pour les

(*) Séance du 19 novembre 1951.

([1]) P. Grivet, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 921.

([2]) Jahnke-Emde, Tables de fonctions.

([3]) Schelkunoff, *Applied Mathematics*, New-York, 1948.

valeurs de ν comprises entre $1/2$ et $3/2$, θ_G est voisin de $\pi/2$, $\cot\theta$ est petit et l'on a approximativement [([3]), p. 417]

$$P_\nu(\cos\theta) = \frac{A\sin(\gamma\theta - \varphi)}{\sqrt{\sin\theta}}, \qquad \gamma^2 = \left(\nu + \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{1}{4}. \tag{2}$$

Les constantes A et φ sont déterminées par les conditions initiales rigoureuses, en $\theta = \pi/2$ qui sont connues. On obtient

$$\operatorname{tg}\left(\varphi - \gamma\frac{\pi}{2}\right) = \frac{\nu}{2}\left|\frac{\left(\frac{\nu-1}{2}\right)!}{\left(\frac{\nu}{2}\right)!}\right|\cot\frac{\pi\nu}{2}, \tag{3}$$

$$\gamma A = \frac{-2}{\sqrt{\pi}}\,\frac{\sin\frac{\pi\nu}{2}}{\cos\left(\gamma\frac{\pi}{2} - \varphi\right)}\,\frac{\left(\frac{\nu}{2}\right)!}{\left(\frac{\nu-1}{2}\right)!}. \tag{4}$$

L'emploi des factorielles ne présente aucune difficulté, car ces fonctions sont bien tabulées ([2]). Ces formules sont très précises et donnent θ_G avec une erreur bien inférieure au millième dans tout l'intervalle. On le vérifie facilement aux limites $\nu = 1/2$, $\nu = 3/2$, en effet l'intégrale de Mehler [*cf.* ([4]), p. 27] mène par le changement de variable $\sin\varphi = \sin\psi\sin(\theta/2)$ [notations de la référence ([4]), aux expressions

$$P_{\frac{1}{2}}(\cos\theta) = \frac{2}{\pi}\left[2E\left(\sin\frac{\theta}{2}\right) - K\left(\sin\frac{\theta}{2}\right)\right], \tag{5}$$

$$P_{-\frac{1}{2}}(\cos\theta) = \frac{2}{\pi}K\left(\sin\frac{\theta}{2}\right). \tag{6}$$

A partir de là, les intégrales de récurrence des P_ν conduisent à

$$P_{\frac{3}{2}}(\cos\theta) = \frac{2}{3\pi}\left[8\cos\theta E\left(\sin\frac{\theta}{2}\right) - (1 + 4\cos\theta)K\left(\sin\frac{\theta}{2}\right)\right], \tag{7}$$

E et K étant les intégrales elliptiques complètes de première et de seconde espèce qu'on trouve par exemple dans les tables de Potin.

2° *Distances focales.* — Elles sont liées aux valeurs de la dérivée en θ des P_ν. Les représentations approchées précédentes sont un peu insuffisantes pour le calcul de cette fonction au bord de leurs intervalles de validité. On subvient à ce défaut lorsque ν est petit, en s'aidant du Wronskien des P_ν qui donne

$$\frac{dP_\nu(\cos\theta)}{d\theta} = \frac{2\sin\nu\pi}{\pi\sin\theta}\,\frac{1}{P_\nu(-\cos\theta)}, \tag{8}$$

$P_\nu(-\cos\theta)$ étant facile à évaluer par un développement en série, car θ est

([4]) Hobson, *Spherical Harmonics.*

alors voisin de π. Lorsque ν est compris entre 1/2 et 3/2 on peut améliorer la dérivée de la formule (2) en employant encore la méthode des perturbations; on obtient

$$m_2 \cos\alpha = m_0 + h^2 m_1 \sqrt{\cos\alpha}\left[\frac{1-\cos\gamma\alpha}{\gamma^2} - \frac{\alpha^4}{48}\right],$$

m_0 et m_1 étant les valeurs obtenues par dérivation de la formule (2) en $\theta = \pi/2$ et $\theta = \theta_G$ respectivement; $\alpha = \theta - (\pi/2)$. On parvient ainsi à une précision de 1/1000 en valeur relative pour la distance focale g. Les valeurs ainsi obtenues sont représentées au tableau.

ν.	k^2.	$\frac{z_G}{a}$.	$\frac{g}{a}$.	$\frac{f}{a}$.	$\frac{z_F}{a}$.
0,1.......	0,1908	3,787	3,86	3,850	3,787
0,2.......	0,4163	1,861	2,025	2,029	1,860
0,3.......	0,6765	1,190	1,450	1,474	1,176
0,4.......	0,9539	0,8302	1,180	1,254	0,779
0,5.......	1,301	0,5914	1,0276	1,193	0,466
0,6.......	1,659	0,4200	0,932	1,254	0,1464
0,7.......	2,065	0,2847	0,864	1,474	−0,2700
0,8.......	2,496	0,1745	0,820	2,029	−0,987
0,9.......	2,965	0,0810	0,786	3,860	−2,962
0,95......	3,211	–	–	7,525	−6,796
1.........	3,469	0	0,7593	∞	∞
1,1.......	4,007	0,0717	0,739	$T(z) = \operatorname{sech}\left(1,317\frac{z}{a}\right)$	
1,2.......	4,579	0,1359	0,722		
1,3.......	5,186	0,1933	0,708	$\frac{d^2R}{dz^2} + \frac{k^2}{a^2}T^2(z)R = 0$	
1,4.......	5,828	0,2477	0,697		
1,5.......	6,504	0,2968	0,688		
2.........	10,407	0,500	0,658		

PHOSPHORESCENCE. — *Niveaux électroniques dans les corps phosphorescents cristallins à centres « poisons »* (Fe, Ni, Co). Note de MM. **Noubar Arpiarian** et **Daniel Curie**, présentée par M. Jean Cabannes.

On décrit deux types de schémas de niveaux électroniques qui permettent de rendre compte du comportement expérimental nettement différent du fer et du nickel, d'une part, du cobalt, de l'autre.

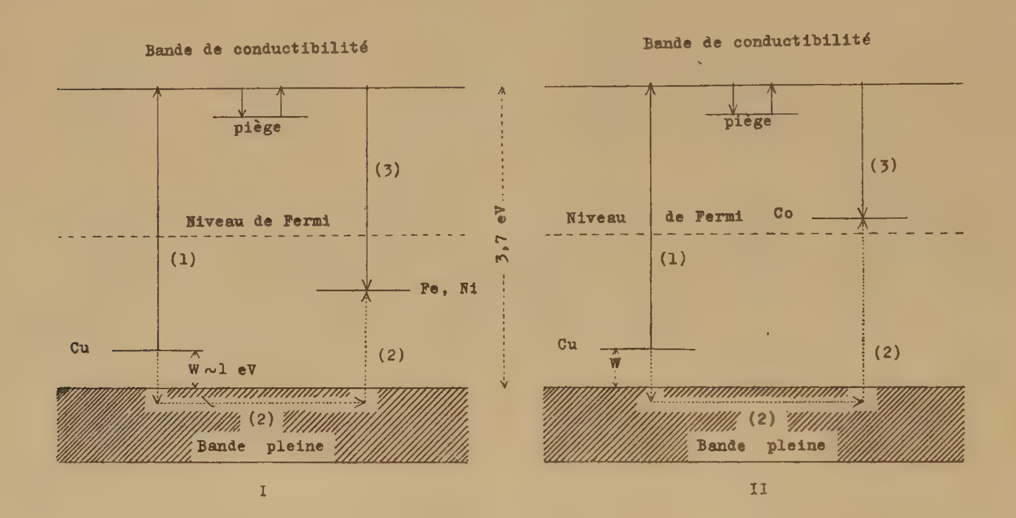
L'introduction dans un cristal phosphorescent des éléments extincteurs (poisons) de la luminescence fait apparaître de nouveaux niveaux localisés. Le mécanisme de l'extinction fait intervenir des transferts d'activation des centres luminogènes aux niveaux poisons (1) et l'on admet que les transitions relatives à ces niveaux ont lieu sans émission lumineuse. Diffé-

(1) M. Curie et J. Saddy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2040.

rents auteurs ont cherché à préciser théoriquement la nature de ce mécanisme en considérant des centres plus ou moins profonds, donc pleins ou vides dans le sulfure non excité ([2]), ou des pièges ([3]).

1. Une étude expérimentale effectuée sur ZnS (Cu), additionné d'extincteur en proportion variable et excité en ultraviolet ([4]), permet de déterminer, parmi ces hypothèses, celle qui est la plus conforme à la réalité.

Pour Fe et Ni, l'effet extincteur est plus fort en phosphorescence que sous excitation; au contraire, Co éteint plus la luminescence brève que la luminescence durable ([5]).



I II

Le cas de Fe et de Ni s'interprète en admettant que les centres Fe et Ni sont pleins dans le sulfure non excité. L'effet d'extinction nécessite alors le vidage préalable de ces centres, qui se fait, en général, par transfert d'activation à partir des centres Cu (il n'est toutefois pas exclu qu'un certain nombre de centres poisons soient vidés directement du fait de l'excitation). On a le schéma I, dans lequel figurent les transitions suivantes : (1) excitation, (2) migration d'un trou, (3) chute d'un électron sans émission de lumière. La probabilité du transfert est d'autant plus grande que l'électron est resté captif plus longtemps dans le piège et donc l'extinction augmente avec le temps du déclin.

([2]) S. Roberts et F. Williams, *J. Opt. Soc. Amer.*, 40, 1950, p. 516.

([3]) N. R. Nail, F. Urbach et D. Pearlman, *J. Opt. Soc. Amer.* 39, 1949, p. 693; M. Schön, *Zeitsch. für Naturforschung*, 6*a*, 1951, p. 251.

([4]) N. Arpiarian et J. Saddy, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1948; N. Arpiarian, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 387.

([5]) *Voir* aussi des indications du même ordre d'idées dans L. Lévy et D. W. West, *Luminescence, a general discussion*, Londres, 1938, p. 128.

Dans le cas de Co, les centres poisons seraient, au contraire, vides dans le sulfure non excité (schéma II). La transition sans émission (3) peut s'effectuer dès l'excitation (1), sans attendre le transfert (2), qui ne peut intervenir qu'ensuite pour vider le centre poison et ramener le sulfure dans l'état initial. Le nombre des centres Co vides décroît pendant la durée du déclin et l'effet extincteur diminue, conformément à l'expérience.

2. Si l'on introduit un niveau de Fermi situé à mi-distance entre les deux bandes (2), les centres Co sont, dans notre conception, au-dessus de ce niveau, alors que les centres Fe et Ni sont au-dessous de lui, tout en restant plus haut que les centres Cu (sinon les transferts auraient surtout lieu en sens inverse). La notion de niveau de Fermi ne semble pas avoir été examinée théoriquement dans le cas présent où existe une bande continue de niveaux émetteurs et, en outre, les niveaux d'impureté, mais elle garde sans doute un sens au moins approximatif.

3. La simple observation de la *montée de la luminescence* sous excitation semble fournir une justification des schémas présentés ici. On remarque une montée extrêmement lente pour les sulfures au cobalt, attribuable à la chute des électrons excités dans les centres Co vides et, au contraire, une montée très rapide pour les sulfures au fer et au nickel, comparable à celle des produits au cuivre pur : les centres Fe et Ni ne peuvent donc agir qu'après le transfert (2).

4. L'introduction de *pièges liés à l'élément extincteur*, comme aussi à l'élément luminogène, a été établie par la méthode des courbes de thermoluminescence (6). Mais nous ne croyons pas qu'il faille attribuer à ces pièges un rôle essentiel dans l'effet extincteur.

Pour Co en particulier, il peut sembler difficile de distinguer entre les centres peu profonds envisagés dans le schéma II et des pièges très profonds. Nous adopterons, pour cette distinction, le critère suivant : possibilité, dans le cas d'un piège, d'une sortie, soit thermique, soit infrarouge, vers la bande de conductibilité. Dans l'hypothèse où les niveaux poisons seraient des pièges et non des centres, la montée lente de la luminescence des sulfures au cobalt s'interpréterait par le remplissage d'un très grand nombre de pièges poisons. Ces sulfures, en voie de déclin, seraient donc susceptibles d'une stimulation infrarouge considérable, effet que l'on n'observe pas.

D'autre part, dans cette hypothèse, le nombre des pièges serait du même ordre que celui des centres : or, l'un de nous a montré qu'il existe des objections générales contre une telle conception (7).

---

(6) W. Hoogenstraaten, *Communic. au Congrès d'Heidelberg-Mosboch*, juillet 1951.
(7) D. Curie, *Thèse*, Paris, 1951.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la cristallisation des couches minces de cuivre. Résultats expérimentaux.* Note (*) de MM. **Antoine Colombani** et **Gaston Ranc**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans deux Notes précédentes nous avons présenté les résultats obtenus dans l'étude de la cristallisation de couches très minces d'or déposées par évaporation thermique sur des supports de nature différente ([1]).

Nous avons étendu cette étude au cas du cuivre, du plomb et du bismuth, en utilisant la même technique d'évaporation : vide de l'ordre de 10^{-6} mm obtenu à l'aide d'une pompe à diffusion d'huile en présence d'air liquide. L'évaporation a lieu à partir d'un ruban plan de tungstène et l'épaisseur des dépôts est mesurée à 6 % près à l'aide d'un étalonnage pondéral préalable dans la cloche d'évaporation.

Aux très faibles épaisseurs, la loi d'Ohm n'est évidemment pas vérifiée. Sans nous attacher pour l'instant à une étude systématique de ce phénomène, nous avons mesuré sous vide et sous faible tension l'évolution de la conductibilité des dépôts métalliques. Les risques d'échauffement et de cristallisation parasite sont ainsi éliminés; cependant, comme pour le cas de l'or, nous avons très nettement constaté que « l'épaisseur critique » qui marque le changement du sens d'évolution de la conductibilité est indépendante de la tension de mesure, du moins jusqu'à 220 V : cm.

Les dépôts de cuivre, à cause de l'activité chimique de ce métal, sont plus délicats à obtenir que ceux d'or. Cependant, après de nombreuses évaporations, nous avons obtenu des résultats analogues à ceux déjà présentés par l'or. Les voici très brièvement :

1° Dépôt sur support amorphe : plexiglas.

Pour toute épaisseur inférieure à 110 Å, l'évolution de la résistivité des dépôts dès leur formation est une fonction croissante du temps. Au-dessus de cette épaisseur, elle est décroissante. Dans les deux cas, l'évolution se stabilise suivant un palier (*fig.* 1).

2° Dépôt sur cristal orienté : NaCl.

Mêmes observations, mais le changement de sens d'évolution se produit vers 65 Å.

Les faits suivants sont à retenir :

A. L'épaisseur à partir de laquelle apparaît l'évolution cristalline (décroissance de la résistivité en fonction du temps) est *toujours plus faible* pour un dépôt obtenu sur support orienté (25 couches atomiques) que sur un support amorphe (43 couches) (*fig.* 2).

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) A. Colombani et G. Ranc, **232**, 1951, p. 1344; **233**, 1951, p. 46.

B. A épaisseur égale, la résistivité du dépôt de cuivre sur cristal orienté est *toujours inférieure* à celle du dépôt sur support amorphe (*fig.* 3).

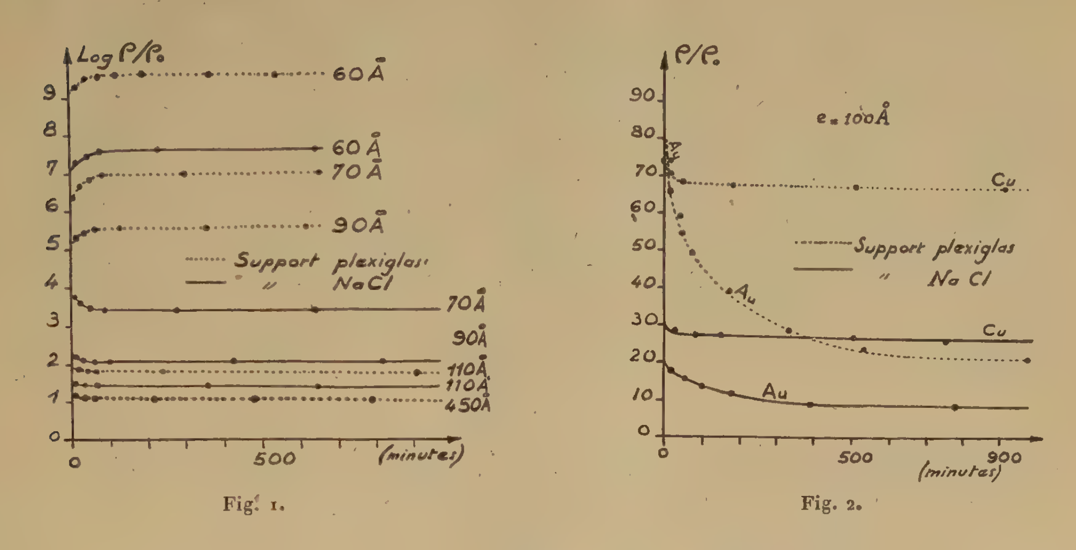


Fig. 1. Fig. 2.

C. L'influence ionique, les actions d'orientation cristalline et la différence certaine des forces d'adsorption des deux supports font qu'à épaisseur égale, dès l'obtention du dépôt la profondeur d'évolution est beaucoup

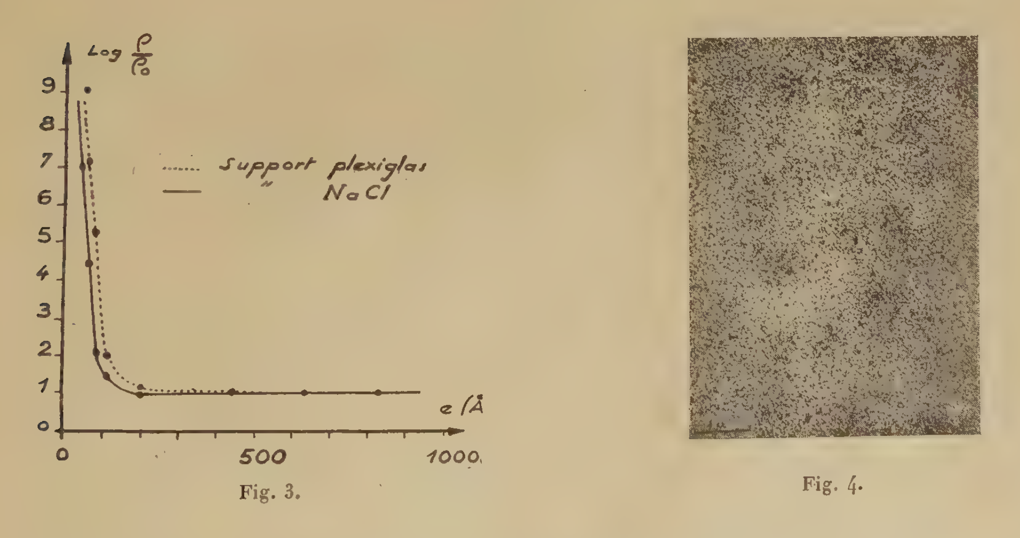


Fig. 3. Fig. 4.

plus accentuée sur support amorphe que sur support orienté. Et cela d'autant plus que l'épaisseur est plus faible [2]. *Dans le cas de l'or, ce phénomène est encore plus net* (*fig.* 2).

---

(2) LONDON, *Z. Physik. Chem.* B, **11**, 1930, p. 222.

Avec un pouvoir séparateur de 60 Å le microscope électronique indique la présence d'une multitude de microcristaux, beaucoup plus nombreux sur support orienté que sur support amorphe. Leur nombre et leur dimension croissent avec l'épaisseur du dépôt. Leur grandeur moyenne est de 160 Å, pour l'épaisseur 90 Å. Mais déjà à cette épaisseur (température ambiante), certains atteignent 2 000 Å. Sur notre cliché (*fig.* 4; $G = 15\,000$) obtenu à partir d'une couche de 90 Å déposée sur NaCl et séparée de son support, les cristaux apparaissent en noir, tantôt entourés de cuivre paraissant non cristallisés, tantôt isolés. Dans les deux cas, leur croissance est faite aux dépens de leur voisinage et s'accélère avec l'élévation de température, comme nous l'avons constaté. Dans une prochaine publication, nous montrerons que cette croissance en fonction de la température est discontinue.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Détermination absolue des facteurs de condensation de jets moléculaires d'antimoine sur une surface.* Note de M. **Marcel Devienne**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons précisé, dans un certain nombre d'autres Notes, l'utilisation des radioéléments artificiels pour l'étude de la condensation des jets moléculaires sur les surfaces.

Dans le cas de l'antimoine, la détermination de la valeur absolue du « facteur de condensation » soulève une difficulté du fait que l'atomicité de la vapeur d'antimoine, à basse température et pour des pressions très faibles, n'est pas rigoureusement connue. Il est en conséquence impossible d'évaluer numériquement le nombre d'atomes heurtant, pendant un temps donné, une surface donnée et, par conséquent, d'en déduire la valeur du facteur de condensation qui est égale au rapport du nombre d'atomes condensés sur le nombre d'atomes reçus par la surface.

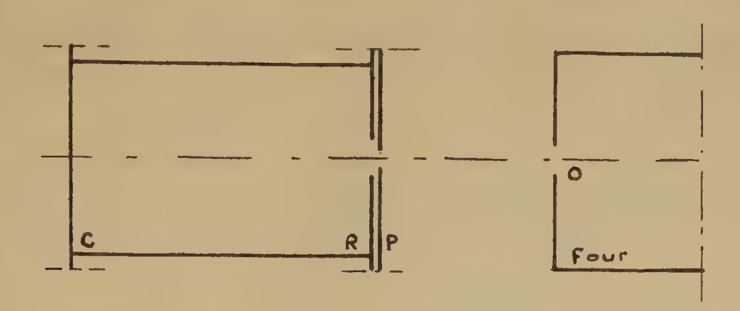
Nous avons surmonté la difficulté de la façon suivante : Le jet moléculaire qui sort de l'orifice O du four (diamètre 2 mm) pénètre dans un cylindre métallique de longueur 20 mm et de diamètre 12,5 mm, après avoir traversé les deux plaques accolées P et R, percées d'orifices ayant respectivement pour diamètres 1 mm et 2 mm, la première plaque protégeant la seconde vis-à-vis du rayonnement direct (*figure*). Le jet moléculaire ainsi diaphragmé vient heurter le fond du cylindre amovible qui est constitué par une plaque C de cuivre ou d'un corps de nature différente.

Les molécules qui sont réfléchies par la plaque viennent se condenser

(1) Ribaud et Devienne, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1811; 231, 1950, p. 740; Devienne, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1088.

partiellement sur les parois latérales L du cylindre constituées par une feuille très mince de cuivre (ou de clinquant) dont on mesure la radioactivité après l'avoir dépliée.

Les molécules réfléchies presque normalement par la surface réceptrice viennent se condenser sur une plaque de réflexion R. La distance du diaphragme O du four à l'orifice du cylindre est telle que la section du jet moléculaire par la surface de la plaque de condensation C en cuivre est nettement inférieure à celle du cylindre. Le centrage du dispositif, particulièrement soigné, est vérifié ultérieurement par des autoradiographies de la condensation de l'antimoine sur la plaque de cuivre réceptrice.



La valeur absolue du facteur de condensation est alors donnée par le rapport entre la valeur de la radioactivité du dépôt sur la plaque de condensation et la somme des radioactivités de ce dépôt et des condensations sur la surface latérale du cylindre et sur la plaque de réflexion. Les mesures sont effectuées de manière à éliminer l'influence du backscattering et de façon à diminuer l'influence de la géométrie dans le comptage.

Les expériences montrent que, pour une température de la plaque de condensation voisine de 25° C et pour une épaisseur condensée d'environ 40 Å, le facteur de condensation de l'antimoine sur le cuivre est très voisin de 0,74. Six mesures répétées dans des conditions analogues pour des épaisseurs très voisines donnent des facteurs de condensation compris entre 0,73 et 0,75 (température du four : 320° C; pression inférieure à 10^{-4}mm de mercure).

Avec l'antimoine radioactif dont nous disposions pour ces expériences, nous n'avons pu faire des mesures précises pour des épaisseurs nettement plus faibles. Indiquons toutefois que, d'après les mesures que nous avons effectuées, il semble que le facteur de condensation augmente avec l'épaisseur; en effet, pour des épaisseurs condensées de l'ordre de 14 Å, on trouve des valeurs de l'ordre de 0,55, alors que pour des épaisseurs nettement plus grandes, de l'ordre d'une centaine d'angströms, les facteurs de condensation sont égaux à 0,76.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la mise en évidence d'une différence entre noyaux légers et lourds dans les échanges de charges de nucléons très rapides.* Note de MM. **Pierre Cüer** et **Jean Combe**, présentée par M. Louis de Broglie.

Notre hypothèse de sous-structures instantanées dans les noyaux légers de l'émulsion semble rendre compte d'un résultat nouveau que nous venons de mettre en évidence sur les échanges de charges nucléoniques et des principaux résultats expérimentaux connus dans le domaine des grandes énergies, inexplicables dans le schéma classique nucléon-nucléon.

Les émulsions utilisées ont été exposées au Synchro-cyclotron de Berkeley à des spectres de neutrons de ~ 90 et 270 MeV et à des protons monoénergétiques de 340 MeV.

Les noyaux désintégrés sont classés en deux catégories suivant le critère de la barrière de potentiel : légers (C, N, O) et lourds (Ag, Br). Ces deux groupes montrent une différence fondamentale pour les interactions primaires.

1. *Du point de vue de la charge.* — (Nucléons émergents de grande énergie). Phénoménologiquement dans un noyau lourd le nucléon sort en ayant changé de charge en moyenne une fois sur deux; dans les légers il garde 9 fois sur 10 son identité.

	Neutrons $\sim$ 270 MeV		Protons 340 MeV	
	noyaux légers (%).	noyaux lourds (%).	noyaux légers (%).	noyaux lourds (%).
Pourcentage d'étoiles possédant une branche énergique visible émergente ($E > 30$ MeV)..	8	40	84	52
Nombres d'étoiles utilisées dans la statistique..	430	250	85	300

D'après les idées actuelles sur la transparence, on peut suivre choc par choc un nucléon très énergétique dans son trajet à travers un essaim de nucléons en mouvement. Les valeurs expérimentales connues des sections efficaces inélastiques nous permettent de calculer le libre parcours moyen λ dans la matière nucléaire en fonction de E. Pour C^{12} à 270 MeV, on peut ainsi calculer à l'aide de $\lambda \sim 7.10^{-13}$ cm que sur 100 traversées efficaces, ~ 80 donnent un choc et ~ 20 donnent deux chocs. Pour un noyau moyen intermédiaire entre Ag et Br, il y aurait 60 chocs simples, 30 doubles et 10 triples. Les probabilités des chocs sur les protons et les neutrons sont différentes et dans l'état actuel de nos connaissances, on peut fixer ainsi les limites : $1/4\ \sigma_{np} \leq \sigma_{nn} = \sigma_{pp} \leq \sigma_{np}$. Les calculs ont été conduits dans ces différentes hypothèses en supposant une proportion de 50 % de forces d'échange. Le résultat est relativement peu sensible aux suppositions sur σ. Dans le cas le plus en faveur actuelle-

ment $\sigma_{nn} \simeq 1/4\, \sigma_{np}$ on obtiendrait pour 100 neutrons incidents, 44 protons émergents pour des noyaux lourds et 40 pour des noyaux légers. Les résultats relatifs aux noyaux lourds sont donc en accord avec cette théorie courante nucléon-nucléon, comme l'a déjà remarqué indépendamment Bernardini (¹). Par contre les noyaux légers peuvent être exclus de ce genre d'interactions.

Nous pensons que les résultats peuvent s'expliquer par l'existence d'une structure instantanée dans les noyaux légers que l'un de nous (²) a postulé déjà dans le mécanisme d'absorption et d'émission des mésons nucléaires où des énergies du même ordre de grandeur interviennent. La majorité des interactions des nucléons avec des noyaux légers serait donc composée de chocs quasi-élastiques (sans échange de charges) contre ces groupements de nucléons positivement chargés (α ou groupes d'α, tritons, deutérons) relativement stables par rapport au temps de collision ($\sim 0,5.10^{-22}$ sec). Ces chocs peuvent être étudiés théoriquement par analogie avec certaines diffusions connues nucléon-α et nucléon-deutéron.

II. *Du point de vue de la distribution angulaire des particules chargées émergentes*, la différence entre lourds et légers est également visible. Les résultats seront détaillés ici dans une prochaine Note.

Un certain nombre de résultats importants relevés dans la littérature peuvent également s'expliquer par l'idée de structure instantanée dans les noyaux légers.

a. Temmer (³) a trouvé que des protons éjectés à 90° de protons incidents de 340 MeV par une cible de carbone ont une répartition énergétique anormalement élevée. Il explique ce résultat par l'existence de très grandes énergies d'agitation dans les noyaux s'élevant jusqu'à 200 MeV. L'existence d'une sous-structure α dans C^{12} explique quantitativement ce phénomène, que nous avons confirmé dans les émulsions exposées aux protons de 340 MeV, sans faire intervenir de tels moments anormaux.

b. On trouve expérimentalement (Bristol par exemple) dans les étoiles σ (provoquées par les mésons nucléaires) une proportion faible de $\sim 5\%$ de particules énergiques de charge $|e|$ issues des noyaux légers. Avec notre hypothèse on peut expliquer quantitativement ce résultat par une interaction primaire du genre : méson $+ \alpha \rightarrow$ triton $+$ neutron. Le neutron énergique (~ 90 MeV) échange rarement sa charge dans ses collisions ultérieures contre les groupements du noyau. Les échanges de charge sont plus fréquents pour les noyaux lourds (21,5 % de particules chargées énergiques). Le modèle nucléon-nucléon n'a pu jusqu'ici expliquer cette différence.

c. Les idées actuelles des interactions nucléaires de γ de 200 à 300 MeV

(¹) Bernardini, E. T. Booth et S. J. Lindenbaum, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 669.

(²) P. Cuer, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 906.

(³) *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 1067.

(Walker, Levinger, Bethe, Heidmann) ([4]) introduisent l'existence de photo-désintégrations de deutérons et particules α au sein des noyaux légers.

d. Avec des protons de 340 MeV, Knox ([5]) a trouvé que le rendement des neutrons était ~ 50 % plus élevé avec des cibles de Be^9 qu'avec du C^{12}. Le neutron isolé par rapport à Be^8 dans notre schéma peut aisément se détacher sous l'action des forces ordinaires. En outre le rendement par atome est trouvé ~ 6 fois plus élevé pour Ag que pour C^{12}, ce qui coïncide exactement avec nos résultats expérimentaux et reste inexplicable en appliquant le schéma nucléon-nucléon aux noyaux légers.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Observation d'un méson lourd du type K dans une plaque photographique nucléaire.* Note (*) de MM. **Jean Crussard, Claude Mabboux, Daniel Morellet, Jacques Trembley** et Mlle **Agnès Orkin-Lecourtois**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Dans une plaque photographique Ilford à émulsion de type G 5 de 600 μ d'épaisseur, envoyée par ballons jusqu'à une altitude d'environ 35 000 m, nous avons observé le phénomène suivant : une particule de charge unité s'arrête dans l'émulsion et donne naissance à une trajectoire rapide partant à angle droit environ. La longueur de la trajectoire incidente (1 300 μ) est suffisante pour que le sens de parcours soit certain.

La grande longueur de la trajectoire émise (20 000 μ environ) a permis une bonne estimation de son énergie par la mesure du scattering.

p étant l'impulsion de la particule, et βc sa vitesse, nous avons trouvé :

par la méthode du scattering latéral ([1]),

$$p\beta c = 174 \begin{cases} +24 \text{ MeV}, \\ -19 \text{ MeV}; \end{cases}$$

par la méthode du scattering en profondeur ([2]), ([3])

$$p\beta c = 190 \begin{cases} +50 \text{ MeV}, \\ -35 \text{ MeV}. \end{cases}$$

Le comptage de grains sur cette trajectoire indique une ionisation constante et égale à 5 % près, au minimum d'ionisation.

Il ne peut s'agir de la désintégration d'un méson μ. Si la particule secondaire est un électron, son énergie est donc ≥ 155 MeV, valeur très éloignée

---

([4]) *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 149 et 84, 1951, p. 43.

([5]) *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 667.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) D'Espagnat, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 800; *J. Phys. Rad.* (à paraître).

([2]) Mabboux, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1091 et 2309.

([3]) Mesure effectuée sur 8 000 μ seulement.

du maximum du spectre d'énergie des électrons de désintégration du méson μ (55 MeV), et même bien supérieure à l'énergie de masse du méson μ (108 MeV).

On peut calculer la valeur minima de la masse d'une particule capable de donner par désintégration une particule chargée de $p\beta c = 155$ MeV (minimum de la valeur observée) et une particule neutre : on trouve $600\,m_e$, m_e étant la masse de l'électron.

Nous sommes donc amenés à rapprocher ce phénomène du cas analogue observé récemment par O'Ceallaigh ([4]), cas qu'il explique par la désintégration d'un méson lourd auquel il a donné la désignation k_1.

L'aspect de la trajectoire primaire confirme cette hypothèse. Une estimation grossière de la masse du primaire peut être obtenue par la mesure du scattering aux différents parcours restants. Par la méthode employée par Rochat et Menon ([5]), nous avons trouvé, après étalonnage sur quatre mésons et deux protons :

$$m_{k_1} = 1200 \begin{cases} +1900\,m_e, \\ -\;740\,m_e. \end{cases}$$

Par ailleurs l'examen du début de la trajectoire (à 1200 μ du point d'arrêt) montre immédiatement que son ionisation est beaucoup plus forte que celle d'un méson π à la même distance; la comparaison a été faite avec plusieurs trajectoires de mésons π de la même plaque.

Cette ionisation a été, en outre, estimée de façon plus précise, au moyen d'une mesure de l'opacité de la trace effectuée à l'aide d'une méthode photoélectrique. La comparaison a été faite avec des trajectoires de protons, de mésons π et de mésons μ s'arrêtant dans la plaque, en tenant compte des petites corrections rendues nécessaires par l'influence du niveau de la trace dans l'émulsion sur l'indication de l'appareil. On constate que l'ionisation du méson k_1 est beaucoup plus voisine de celle d'un proton que de celle d'un méson π, tout en étant probablement légèrement inférieure à la première.

Pour conclure :

1° La particule émettrice ne peut certainement pas être un méson π ni même un méson μ, à cause de l'énergie trop grande du secondaire et de l'aspect de la trajectoire du primaire. Un proton à l'arrêt ne pouvant émettre une particule très énergique, il s'agit indubitablement d'un méson lourd de masse $\geq 600\,m_e$. Si l'on en croit les indications concordantes fournies par le scattering et par l'ionisation, cette masse serait un peu inférieure à celle du proton, la valeur la plus probable étant d'environ $1200\,m_e$.

2° Sur la nature du secondaire, on ne peut être fixé. Sa masse est certaine-

---

([4]) *Phil. Mag.*, **42**, 1951, p. 1032.

([5]) *Phil. Mag.*, **42**, 1951, p. 1232.

ment $\leq 400\, m_e$, sinon son ionisation vaudrait 1,3 fois le minimum, ce qui serait perceptible. Un méson π ou un méson μ sont possibles. L'électron ne peut pas être exclu non plus. Cependant, il est un peu moins vraisemblable : la perte d'énergie la plus probable sur les 20 000 μ de la trace serait plus forte que celle qu'on observe.

De façon plus précise, la mesure du scattering sur 5 000 μ a donné :

$$\text{au départ : } 217 \begin{cases} +65 \text{ Mev}, \\ -40 \text{ Mev}, \end{cases} \qquad \text{à la fin : } 198 \begin{cases} +59 \text{ Mev}, \\ -37 \text{ Mev}. \end{cases}$$

La perte d'énergie serait donc, pour un électron,

$$\Delta E = 20 \pm 8 \text{ Mev}.$$

En tenant compte des probabilités des diverses valeurs de ΔE, et en se servant des courbes données par Bethe et Heitler ([5]) pour les probabilités des diverses pertes d'énergie par Bremsstrahlung, on trouve qu'un électron aurait environ une chance sur quatre d'avoir une perte d'énergie inférieure ou égale à celle qui a été mesurée.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'interaction nucléon-leptons dans la théorie de la désintégration* β. Note de MM. **Robert Bouchez** et **Roger Nataf**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'analyse de la valeur de l'élément de matrice nucléaire, correspondant aux transitions permises pour Z petit, semble montrer que l'on ne peut utiliser uniquement l'interaction tensorielle. Les relations donnant les probabilités de transitions β comprendraient environ 85 % provenant d'une interaction du type Gamow-Teller (T ou A) et 15 % provenant d'une interaction du type Fermi (S ou V).

La théorie de la désintégration β conduit pour l'interaction entre particules lourdes et légères à une combinaison linéaire de cinq formes possibles. Parmi celles-ci la forme V correspond, pour les transitions permises, aux règles de sélection $\Delta J = 0$, $\Delta L = 0$; mais ces règles, en contradiction avec l'expérience, ont été remplacées par celles de Gamow-Teller associées à l'interaction T ou A et correspondant pour les transitions permises à $\Delta L = 0$, $\Delta J = 0$ ou 1.

On a tendance ([1]) a admettre actuellement une interaction T principalement avec peu ou pas de mélange d'autres interactions. Toutefois, notre présente

---

([5]) *Proc. Roy. Soc.*, 146, 1934, p. 83.

([1]) R. Bouchez, *Thèse*, Paris, 1950; R. Nataf, *Thèse*, Paris, 1951; C. S. Wu, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 957-958 L; Fulbright et Milton, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 274 L; D. L. Pursey, *The Philosoph. Mag.*, 42, 1951, p. 1193.

étude est en faveur du mélange d'interactions ([2]) $H_\beta \equiv c_t H_t + c_f H_f$ avec $|c_t|^2 \simeq 0,85$, $|c_f|^2 \simeq 0,15$; H_t désignant l'interaction T ou A et H_f l'interaction S ou V.

Considérations théoriques. — 1° Dans cette étude, on se limite aux transitions permises. Dans ce cas, la probabilité de transition est donnée par

$$P = \frac{g^2}{2\pi^3} |M_0|^2 f_0(Z, \varepsilon_0) \qquad \text{ou encore} \qquad \frac{1}{t} = \frac{|M_0|^2}{T_0} f_0.$$

L'élément de matrice nucléaire M_0 pour les interactions S, V, T, A se réduit à deux formes

$$M_S \simeq M_V = \int \Psi_f^* \Psi_i \, d\tau \equiv M_f \qquad \text{et} \qquad M_T \simeq M_A = \int \Psi_f^* \frac{\vec{\sigma}}{\sqrt{3}} \Psi_i \, d\tau \equiv M_t;$$

plus généralement, dans le cas d'un mélange (S ou V) avec (T ou A) on aurait $|M_0|^2 = |c_t|^2 |M_t|^2 + |c_f|^2 |M_f|^2$, le terme croisé étant nul. En outre ([1])

$$|M_0|^2 = |a|^2 |M_\rho|^2 \qquad \text{avec} \quad M_\rho \equiv \int G_f^* G_i \, d\tau_r,$$

$G(r)$ désignant la grande composante de la fonction radiale d'un niveau nucléaire. $|a|^2$ dépend des parties angulaires des fonctions propres, et de l'interaction

$$|a|^2 \equiv \sum_{M'} \langle JLM \,|\, c_t H_t + c_f H_f \,|\, J'L'M' \rangle^2 = |c_t|^2 |a_t|^2 + |c_f|^2 |a_f|^2.$$

2° Pour calculer le facteur angulaire $|a|^2$, on considérera une structure nucléaire en couches, et l'on supposera ([3]) qu'un niveau nucléaire possède un moment orbital assez bien défini (L nombre quantique approché). Avec ces hypothèses on distingue :

a. Noyaux A impair pour lesquels les transitions β sont du type ${}^2(L)_J \to {}^2(L)_{J'}$ $|a_f|^2 = 1$ si $J' = J$, $|a_t|^2$ est donné ([4]) par des relations analogues à celles d'Hönl-Kronig en spectroscopie atomique.

b. Noyaux A pair pour lesquels les transitions sont de deux types :

*b*₁. ${}^1S_0 \rightleftharpoons {}^3S_1$ la transition est interdite par l'interaction du type Fermi, tandis que $|a_t|^2 = (2/3)({}^3S_1 \to {}^1S_0)$, $2({}^1S_0 \to {}^3S_1)$.

*b*₂. ${}^1S_0 \to {}^1S_0$ (probablement ${}^{14}O \to {}^{14}N^*$). La transition $0 \to 0$ est interdite par l'interaction du type Gamow-Teller : $|a_t|^2 = 0$, mais permise par celle du type Fermi : $|a_f|^2 = 2$.

3° En ce qui concerne le facteur radial, M_ρ sera d'autant plus grand que les

---

([2]) S. R. de Groot et H. A. Tolhoek, *Physica*, 16, 1950, p. 456-479.

([3]) R. Nataf, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 532 et 737; R. Bouchez, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 440; 1950, 231, p. 139 et 275.

([4]) L. Rosenfeld, *Nuclear Forces*, 1948, p. 377.

fonctions radiales se recouvriront mieux, c'est-à-dire que les niveaux nucléaires de la transition seront moins différents; la plus grande valeur possible, $|M_\rho|^2 = 1$, correspond au cas extrême de la transition $n \to p$. La valeur précise de M_ρ se déduit de la valeur du produit $f_0 t$ de la transition $f_0 t = T_0/|a|^2 |M_\rho|^2$, après avoir choisi l'interaction et calculé $|a|^2$. La comparaison de ces valeurs de $|M_\rho|^2$ doit donc donner des indications sur le choix de l'interaction.

	i	f	E_0 KeV	$f_0 t$	$\|a_t\|^2$	$T_0/\|M_\rho^t\|^2$	$\|M_\rho^t\|^2$	$\|a_f\|^2$	$0{,}15\|a_f\|^2+0{,}85\|a_t\|^2$	$T_0/\|M_\rho\|^2$
I	n $S_{1/2}$	p $S_{1/2}$	782	1380	1	1380±300	1	1	1	≃ 1000
A impair	^{3}H $S_{1/2}$	^{3}He $S_{1/2}$	18,5	1150	1	1150±150	1	1	1	
	^{7}Be $P_{3/2}$	^{7}Li $P_{3/2}$	(352)	1900	5/9	1060	≃1	1	0,625	1200
	^{13}N $P_{1/2}$	^{13}C $P_{1/2}$	1200	4680	1/9	520	1,92	1	0,245	1240
	^{15}O $P_{1/2}$	^{15}N $P_{1/2}$	1683	3720	1/9	420	2,4	1	0,245	1030
	^{33}Cl $D_{3/2}$	^{33}S $D_{3/2}$	4130	3980	1/5	796	1,26	1	0,32	1280
	^{6}He $^1S_0$	^{6}Li $^3S_1$	3230	550	2	1100	≃1	0	1,7	940
II A pair	^{26}Al $^3S_1$	^{26}Mg $^1S_0$	2990	2200	2/3	1460	< 1	0	0,57	1250
	^{14}O $^1S_0$	^{14}N* $^1S_0$	1800	3150	0	—	—	2	0,3	950

Comparaison avec l'expérience. — On a indiqué dans les tableaux I et II, pour quelques transitions permises ($A < 40$), les valeurs de $f_0 t$, $|a_f|^2$, $|a_t|^2$, et les valeurs de M_ρ obtenues pour chaque interaction. A partir des données sur $n \to p$ et ^{3}H → ^{3}He, on prend $T_0 \simeq 1000$ comme limite inférieure en supposant $|M_\rho|^2 = 1$ pour ces deux transitions. On voit alors qu'une interaction G. T. pure conduirait à des valeurs de M_ρ trop faibles pour ^{13}N, ^{15}O, ^{35}Cl et interdirait la transition ^{14}O → ^{14}N*.

Les anomalies sur les noyaux miroirs (^{13}N, ^{13}C), (^{15}O, ^{15}N), (^{33}Cl, ^{33}S) sont particulièrement importantes; ces noyaux sont très analogues, leur différence de masse est sensiblement égale à la différence d'énergie coulombienne, compte tenu de la différence de masse neutron-proton, leurs fonctions propres doivent donc être très voisines et leur J égal. Les noyaux (^{14}O → ^{14}N* 2,3 MeV) ont probablement aussi des fonctions propres voisines, leur différence de masse pouvant être obtenue de la même manière que pour les noyaux miroirs; leur J serait aussi égal.

Ces anomalies disparaissent lorsqu'on choisit l'interaction indiquée.

Conclusions. — On est donc conduit soit à choisir le mélange d'interaction précédent, soit à rejeter la règle empirique sur les J des noyaux miroirs et corrélativement modifier l'ordre de certains niveaux dans les modèles en couches,

soit enfin à rejeter le modèle en couches pour les noyaux légers et admettre que plusieurs nucléons sont affectés par la transition. Il faudrait aussi admettre $J(^{14}N^{\star}) = 1$ malgré l'argumentation précédente.

Un mélange d'interactions est donc probable : (T, V) s'accorde seul avec le principe de symétrie de de Groot et Tolhoek (³); (A, S) semble exclu par la forme du spectre du ^{36}Cl (Wu⁽¹⁾). (T, S) et (A, V) seraient aussi possibles. L'étude des transitions β interdites permettra de préciser ce mélange.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'évaporation du radium* E.

Note (*) de M. **Takashi Mikumo**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Il existe une abondante bibliographie sur l'évaporation et la distillation dans le vide ou dans un courant gazeux d'une source de Po obtenue sur un support en métal non volatil, alors que peu de publications se rapportent à l'évaporation de RaE.

J'ai étudié la distillation de RaE déposé sur un support de nickel en vue de préparer une source utilisable en spectrographie magnétique et en même temps j'ai poursuivi l'étude de l'évaporation de Po.

1. *Appareils*. — Pour obtenir les sources primaires, j'ai traité de vieilles ampoules de Rn de deux ans et demi à trois ans suivant la méthode ordinaire. Pour distiller le radio-élément on opère dans un tube en quartz (*fig.* 1). Dans la branche C est placé un thermo-couple Cu-constantan. Les sources de RaE à évaporer sont placées en S. On chauffe avec un chalumeau à oxygène, en envoyant dans le tube un courant gazeux desséché par l'acide sulfurique concentré. Le récepteur L, sur lequel se déposera l'activité est soudé à l'extrémité d'un tube de cuivre cylindro-conique refroidi par un courant d'eau.

2. *Expériences*. — Le but de ces expériences est de préparer une source intense de RaE. J'ai étudié toutefois, en même temps, l'influence des facteurs suivants :

a. Nature et vitesse du courant gazeux.

b. Température et durée du temps de chauffage.

c. Méthode de chauffage et refroidissement.

d. Influence du récepteur.

e. Affinité entre le support (ou le récepteur) et RaE.

L'intensité des sources de RaE utilisées avant le chauffage (un seul côté) est de l'ordre de 10 à 100 μC.

On a trouvé, que dans un courant d'hydrogène, le rendement de condensation de la vapeur de RaE sur le récepteur est meilleur que dans le vide ou dans un courant d'argon ou d'azote.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

Si l'on chauffe fortement en présence d'hydrogène jusqu'à l'étranglement E (*fig.* 1), bien que l'on opère à plus basse température, la vaporisation est meilleure que sans courant. RaE commence à se vaporiser dans ces conditions nettement en dessous de 100°. La courbe de vaporisation (*fig.* 2) se rapporte à un temps de chauffage de 10 mn. La distillation de RaE est donc complète à 650-750° au bout de 30 mn. Si le courant

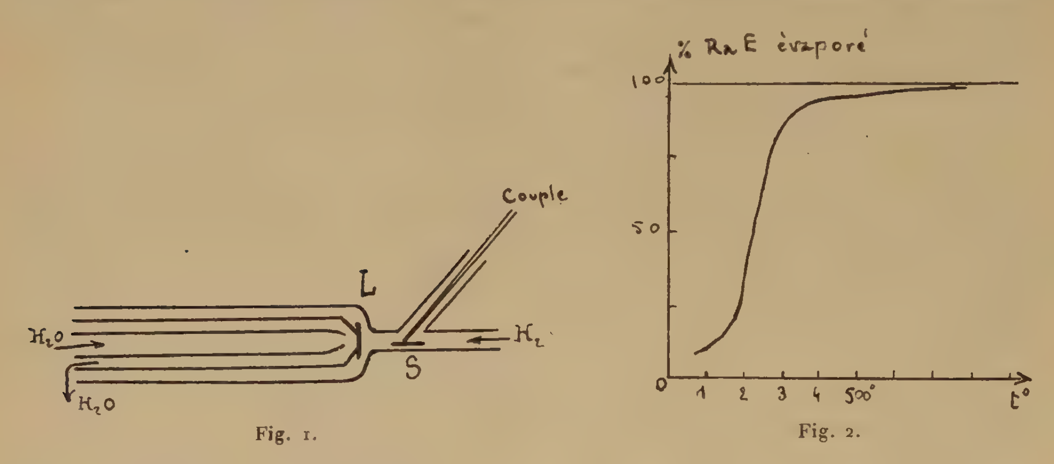


Fig. 1.

Fig. 2.

d'hydrogène est trop rapide, on ne peut condenser la vapeur sur une petite surface. Au cours de la préparation de sources de Po, E. Rona [1], [2] et ses collaborateurs signalent que le débit optimum de gaz est d'environ 12 cm³ : mn. J'ai utilisé un débit légèrement supérieur (20 cm³ : mn environ).

Pour obtenir une source de RaE à grande activité spécifique, il est nécessaire de concentrer le dépôt sur une surface d'aire minima, à défaut d'un point.

Dans le cas de Po, on peut en condenser une plus grande quantité sur Pt ou Pd que sur Cu ou Ni [3], toutes choses égales d'ailleurs, tandis qu'avec RaE je n'ai pas trouvé jusqu'à maintenant d'affinité particulière. La paroi intérieure se couvre, durant l'expérience, d'une substance noire, si stable qu'on ne peut la vaporiser en chauffant très fortement, ni la dissoudre dans les acides chlorhydrique ou nitrique concentrés. Au cours de l'essai à blanc avec un support de Ni inactif, on obtient un miroir de Ni soluble dans les acides.

Enfin, j'ai chauffé le tube de quartz en refroidissant fortement le récepteur L (lame ou disque) de métal (*fig.* 1) et j'ai constaté que la plus grande partie du RaE se dépose sur ce récepteur. Les méthodes de chauffage et de

---

(1) E. Rona et Schmidt, *Z. Phys.*, 48, 1928, p. 784.
(2) E. Rona et Schmidt, *Wien-Ber.*, 137, 1928, p. 103.
(3) Paneth et Hevesy, *Wien-Ber.*, 122, 1913, p. 1049.

refroidissement constituent les facteurs les plus importants. L'impossibilité de refroidir un seul point rend extrêmement difficile l'obtention d'une source quasi ponctuelle. Après avoir éliminé la majeure partie de Po par rotation d'une lame d'argent en solution chlorhydrique, on a chauffé les sources primaires et l'on a pu recueillir en L de 70 à 80 % de l'activité initiale. On répète la condensation sur le même récepteur. La source la plus intense de RaE obtenue par cette méthode a été déposée sur un disque de cuivre de 8 mm de diamètre et possédait une activité de l'ordre de 1 mC.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Sur l'oxydation de l'uranium métallique.* Note (*) de M. **Jean Loriers**, présentée par M. Pierre Chevenard.

L'uranium s'oxyde selon un mécanisme comparable à celui du cérium. La pellicule initiale d'oxyde, homogène et protectrice, s'épaissit en se fragmentant, de telle sorte que la courbe d'oxydation masse-temps, enregistrée à la thermobalance, évolue du type parabolique au type linéaire.

L'uranium possède une pyrophoricité comparable à celle du cérium. Comme ce dernier, il peut s'enflammer à l'air, même sous forme de lingot, et les chaleurs de formation des oxydes obtenus finalement sont voisines : environ 281 000 cal pour U_3O_8 et 235 000 cal pour CeO_2, par atome-gramme de métal. De plus, malgré la diversité de composition et de structure des oxydes d'uranium (1), leur évolution présente une certaine analogie avec le passage de Ce_2O_3 cubique à CeO_2 (2). En effet, UO_2 fixe de l'oxygène avec contraction de la maille cristalline, et le volume équivalent de U_3O_7 (23,0 cm^3) est inférieur à celui de UO_2 (24,5 cm^3). On peut donc s'attendre à retrouver avec l'uranium les aspects de la loi d'oxydation établie pour le cérium. Cette loi, presque parabolique à température ordinaire, est de forme générale asymptotique, et se réduit à une expression linéaire au voisinage de l'inflammation (3).

La variation de la vitesse d'oxydation de l'uranium en fonction de la température a été étudiée par analyse thermique différentielle. Dans l'oxygène, l'échauffement commence à devenir appréciable vers 150° C, et présente deux régions d'accroissement rapide vers 240° C et 350° C. L'inflammation a lieu un peu au-dessus de 360° C pour des lingots et

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) Rundle, Baenzinger, Wilson, *J. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 99; Grønvold et Haraldsen, *Nature*, 162, 1948, p. 69; Alberman et Anderson, *J. Chem. Soc. Supp. Iss.*, n° 2, 1949, p. 303; Boulle-Jarry-Domine, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 214.

(2) J. Loriers, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 547.

(3) J. Loriers, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 522.

vers 245° C pour des échantillons présentant une grande surface d'attaque par rapport à la masse (tortillons de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur).

Les courbes d'oxydation à température constante en fonction du temps (*fig.* 1 et 2) ont été obtenues à l'aide d'une thermobalance à ressort d'élinvar, permettant de travailler dans l'oxygène. Suivant la structure des oxydes formés, examinés aux rayons X par la méthode des poudres, on peut distinguer, dans l'oxydation, trois domaines de températures successifs.

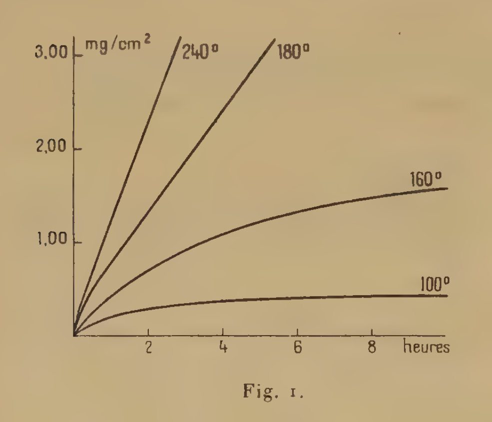


Fig. 1.

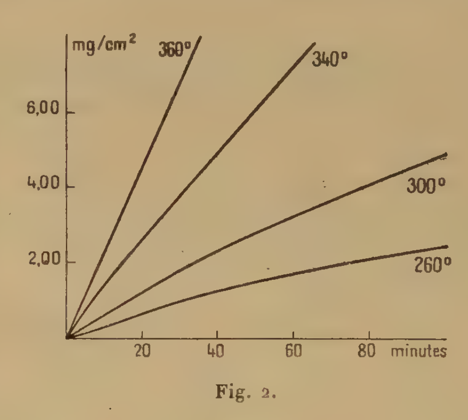


Fig. 2.

Jusqu'à 140° C environ, on observe la structure cubique à faces centrées de UO_2. Le paramètre de la maille est $a = 5{,}46$ Å. L'oxyde protège le métal de plus faible volume équivalent (12,7 cm³). Les courbes ont une allure parabolique, indiquant un processus d'oxydation par diffusion. La formation d'un oxyde inférieur tel que UO n'a pu être établie avec certitude. L'interprétation des phénomènes n'en serait d'ailleurs pas modifiée (UO est cubique type NaCl; V. E. = 18,2 cm³).

Entre 140° C et 240° C, les rayons X font apparaître une contraction continue de la maille cristalline, dont le paramètre diminue jusqu'à 5,41 Å sans qu'il soit possible de mettre en évidence la déformation du réseau cubique en réseau quadratique, signalée dans l'oxydation de UO_2 [1]. Des observations au microscope métallographique montrent qu'on a maintenant deux couches d'oxyde, *la couche extérieure fissurée*, résultant sans doute de la rupture du film initial de UO_2 par suite de la contraction du réseau au cours de l'oxydation. L'épaisseur de *la pellicule inférieure continue* diminue progressivement jusqu'à devenir inappréciable à 230° C. Parallèlement, les courbes d'oxydation, encore paraboliques à 150° C, évoluent vers le type asymptotique et deviennent presque linéaires à 240° C.

Au-dessus de 240° C, apparaît une nouvelle structure cristalline, orthorombique comme U_3O_8. Elle forme une pellicule superficielle qui s'écaille facilement, tandis que la couche sous-jacente, formée d'un composé cubique

dont le paramètre de maille est $a = 5{,}41$ Å environ, adhère bien au métal. Les courbes de ce domaine sont asymptotiques, et tendent vers la forme linéaire, atteinte vers 350° C.

En conclusion, on voit que le mécanisme d'oxydation de l'uranium est comparable à celui du cérium à partir de 140° C. Le revêtement d'oxyde comprend alors toujours une pellicule protectrice contre le métal, et à l'extérieur, une couche poreuse facilement traversée par l'oxygène. La loi résultante est de type asymptotique, avec comme limites des formes paraboliques et linéaires.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Étude par diffraction électronique de la déshydratation et de la décomposition des sels.* Note (*) de Mme **René Lecuir** et M. **René Lecuir**, présentée par M. Paul Pascal.

En utilisant le vide qui règne dans l'appareil de diffraction électronique, la décomposition et la déshydratation des sels ont été étudiées dans l'appareil lui-même. Divers modes de décomposition ont été observés; en particulier, le départ de l'eau de coordination dans les exemples étudiés, est lié à l'existence de diagrammes présentant des raies larges et floues caractéristiques.

Certains composés fragiles se décomposent sous l'action du vide qui règne dans l'appareil de diffraction électronique; ceci a été considéré comme un des inconvénients de cette technique. Cependant, la rapidité avec laquelle peuvent être pris les clichés de diffraction électronique, nous a permis d'étudier par cette méthode des composés en cours d'évolution sous l'action du vide, seul, ou accompagné d'un traitement thermique.

A titre d'exemple, la cadence d'une expérience avec chauffage est exprimée par le tableau suivant (nitrate de cuivre hydraté) : 20°, 17 h 22 mn; 100°, 17 h 32 mn; 150°, 17 h 41 mn; 230°, 17 h 46 mn, etc.

Nous avons pu observer plusieurs modes de transformation :

1° Certains composés changent brusquement de structure et donnent sans stade intermédiaire, le diagramme du nouveau corps formé;

2° D'autres se transforment en donnant des clichés où les raies du nouveau réseau se substituent progressivement à celles du réseau initial;

3° Certains composés se transforment en donnant des diagrammes flous intenses dans lesquels apparaissent des raies larges.

Ce dernier cas fait l'objet de la présente Note.

Par exemple, le nitrate de cuivre hydraté, par chauffage sous vide dans l'appareil lui-même, donne le cliché de la figure 1; sur le cliché de la figure 2 apparaissent les raies d'un corps finement cristallisé; ce dernier se détruit (*fig.* 3 et 4), pour donner le diagramme d'oxyde cuivrique mélangé d'oxyde

---

(*) Séance du 19 décembre 1951.

cuivreux (*fig.* 5), ce dernier apparaissant seul dans le dernier diagramme (*fig.* 6).

En laissant sous vide, sans chauffage, le nitrate de cuivre hydraté, nous avons pu, en passant par les diagrammes intermédiaires d'anneaux

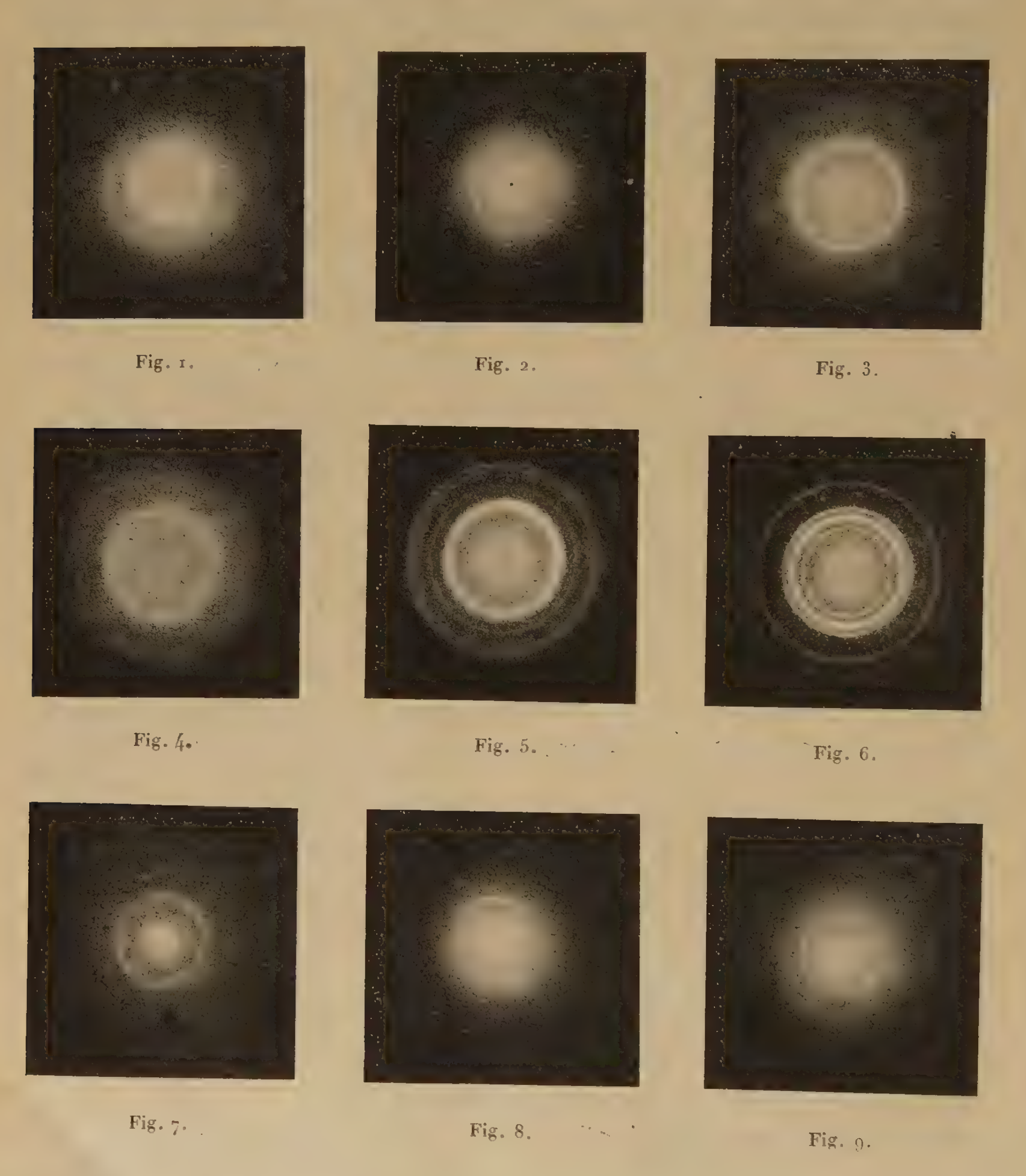


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

flous, obtenir bien cristallisé au bout de 20 mn, un diagramme de nitrate de cuivre basique $(NO_3)_2$ Cu, 3 $Cu(OH)_2$ que nous avons identifié en le comparant avec le diagramme obtenu sur une préparation de ce sel par diagramme X. Ce corps est caractérisé par les raies 6,7, 3,4 et 2,6 Å.

Nous avons pu ainsi constater que le corps finement cristallisé formé en cours de la déshydratation était le nitrate de cuivre basique.

La destruction partielle du nitrate, avant le départ de la totalité de l'eau de cristallisation, puis la destruction du nitrate basique sont l'une et l'autre caractérisées par ce type de diagramme. Dans l'état actuel de cette étude, la destruction dans les mêmes conditions (chauffage sous vide) d'hydrates contenant de l'eau de structure ou de l'eau zéolithique ne donne pas lieu à ce phénomène.

Nous l'avons, par contre, observé sur un certain nombre de sels hydratés [sulfate de cuivre (*fig.* 7), sulfate de nickel, chlorure de cuivre (*fig.* 8 et 9)] et il est intéressant de noter que tous les corps qui nous ont donné jusqu'ici des anneaux flous peuvent être classés parmi les hydrates où l'eau est liée par les valences de coordination.

ÉLECTROCHIMIE. — *Cryoscopie dans le borate de lithium fondu.* Note (*) de M. **Georges Zarzycki**, présentée par M. Jean Cabannes.

La présente Note a pour but d'établir la constitution physico-chimique du métaborate de lithium fondu.

La cryoscopie des oxydes B_2O_3 et Li_2O dans le métaborate de lithium B_2O_3, Li_2O fondu conduit aux résultats représentés sur la figure 1. L'abaissement molaire $\Delta t/m$ en fonction de m (m = molarité rapportée à 1000 g de solvant) tend vers zéro lorsque m tend lui-même vers zéro. On vérifie ainsi avec précision que les courbes du diagramme thermique $B_2O_3 — Li_2O$ se raccordent tangentiellement au sommet correspondant au métaborate et que ce maximum est bien à tangente horizontale (point indifférent.) Ceci implique que le métaborate fondu est *au moins* dissocié en B_2O_3 et Li_2O (ou plus exactement en Li_2O et $2B_2O_3$, Li_2O).

En effet (théorème de Stortenbeker), s'il n'en était pas ainsi, les cryoscopies de B_2O_3 et Li_2O auraient conduit à des abaissements molaires limites finis, *différents de zéro;* ceci voulant dire que les courbes du diagramme thermique arrivent au maximum *avec des pentes non nulles*, leur intersection donnant lieu à un sommet en forme d'ogive.

Nous devons donc admettre l'équilibre $(B_2O_3, Li_2O) \rightleftharpoons B_2O_3 + Li_2O$.

Mais le métaborate n'est pas un simple mélange des deux oxydes, c'est une espèce chimique bien définie, $B_2O_4Li_2$ ou BO_2Li, qu'on peut considérer comme dérivant de l'acide métaborique BO_2H. Et, dans une récente Note (1),

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) E. Darmois et G. Zarzycki, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1110.

nous avons déjà prouvé l'existence d'ions Li^+ dans le métaborate de lithium fondu. Ce métaborate est donc un sel de lithium, et l'on doit pouvoir écrire aussi $BO_2Li \rightleftharpoons BO_2^- + Li^+$. Pour concilier ces deux points de vue on peut admettre la dissociation de l'oxyde Li_2O : $Li_2O \rightleftharpoons 2Li^+ + O^=$ qui entraîne à son tour celle de l'anion BO_2^- : $2BO_2^- \rightleftharpoons B_2O_3 + O^=$. On écrira donc globalement $B_2O_4Li_2 \rightleftharpoons B_2O_3 + 2Li^+ + O^=$.

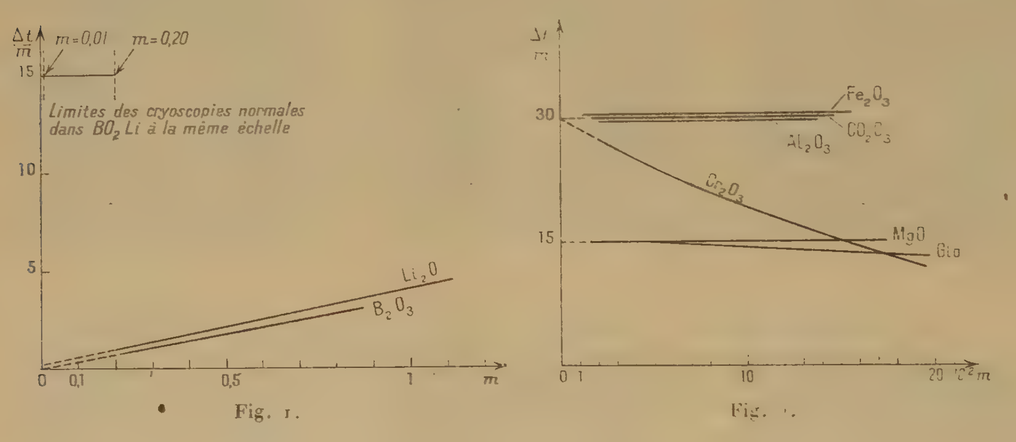


Fig. 1. — Cryoscopie dans le borate de lithium fondu. Cas particulier des oxydes constituants,

Fig. 2. — Cryoscopie dans le borate de lithium fondu.

Remarquons que la cryoscopie ne fournit pas d'indications sur l'état de B_2O_3 : nous avons retenu l'hypothèse la plus simple, mais l'on pourrait aussi bien supposer une ionisation plus poussée intéressant B_2O_3 sans rien changer aux résultats.

Un fait reste certain : Li_2O est dissocié en ses éléments et en plus de Li^- *des ions* $O^=$ *libres existent dans le solvant fondu.*

La cryoscopie des oxydes dans le $B_2O_4Li_2$ fondu confirme ce résultat ; on n'observe jamais de nombre de particules supérieur au nombre d'atomes métalliques de l'oxyde dissous.

Autrement dit les ions $O^=$ provenant d'une ionisation éventuelle de l'oxyde sont masqués, s'ils existent, par les ions $O^=$ libres du solvant, en accord avec le théorème de Stortenbeker. Ainsi :

1° La cryoscopie des oxydes monométalliques NiO, TiO_2 *voir* [1] et MgO. GlO (*fig.* 2) conduit à l'abaissement molaire limite normal (= 15). On ne peut rien conclure quant à l'ionisation de ces oxydes : ou bien ils ne sont pas ionisés ou bien ils le sont et l'ion commun $O^=$ ne compte pas.

2° La cryoscopie des oxydes bimétalliques Al_2O_3, Fe_2O_3, Co_2O_3, Cr_2O_3 (*fig.* 2) a toujours conduit à l'abaissement molaire limite double ($= 2 \times 15$). Ici, on peut affirmer que ces oxydes sont ionisés, et ceci *au moins* en deux par-

ticules, par exemple $Al_2O_3 \rightleftharpoons AlO_2^- + AlO^+$, mais les ions oxygénés peuvent à leur tour subir une ionisation plus poussée sans que cela puisse être décelé par la cryoscopie.

Remarque. — Notre raisonnement relatif à la dissociation de $B_2O_4Li_2$ est susceptible d'une généralisation. En particulier, il reste applicable *mutatis mutandis* à d'autres solvants oxygénés tels que par exemple : les silicates, aluminates, phosphates, etc. Si la cryoscopie dans ces solvants (pas toujours possible à l'heure actuelle) montre : 1° que l'on a bien affaire à un point indifférent; 2° que l'ion métallique ne compte pas, on pourra conclure que dans le solvant *fondu* il existe des ions $O^=$ libres provenant de la dissociation de l'anion oxygéné. Exemple : $SiO_3^= \rightleftharpoons SiO_2 + O^=$, $2AlO_2^- \rightleftharpoons Al_2O_3 + O^=$. Nous avons en somme ici un moyen direct pour vérifier sous un autre aspect l'hypothèse émise par L. Andrieux (²) et exploitée par ses élèves (³) suivant laquelle tout sel oxygéné fondu peut être regardé au point de vue électrolytique comme la dissolution d'un oxyde métallique dissocié dans un anhydride servant de diélectrique ionisant.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Étude des monomère, dimère et trimère de la cyanamide.* Note (*) de M. **Jean Ploquin** et Mme **Christiane Vergneau-Souvray**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude magnétochimique de la cyanamide et de ses di- et trimères confirme les structures habituellement admises pour ces composés, compte tenu de l'effet magnétique de l'accumulation des azotes sur un même carbone et de la conjugaison de la fonction amine avec un cycle aromatique.

Malgré d'assez nombreuses discussions (¹), (²), (³), (⁴), (⁵), (⁶), (⁷), la constitution de la cyanamide n'est pas connue. Nous avons étudié la susceptibilité magnétique de cette molécule à l'état solide et à l'état dissous dans divers solvants pour obtenir des renseignements sur son comportement dans des réactions ultérieures. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après :

(²) *Ann. Chim.*, 12; 1929, p. 423.
(³) M. Dodero, *Thèse*, Grenoble, 1937; M. Chêne, *Thèse*, Grenoble, 1940.

(*) Séance du 19 décembre 1951.
(¹) Pascal, *Traité de Chimie Minérale*, 5, 1932, p. 274.
(²) Madelung, *Annalen der Liebig*, 427, 1922, p. 35.
(³) Von Anwers et Ernst, *Z. physik. Chem.*, 122, 1926, p. 236 et 124, p. 464.
(⁴) Franssen, *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 177.
(⁵) Barsky, *Chimie et Industrie*, 28, 1932, p. 1032.
(⁶) Werner, *The Chemistry of Urea* (Londres), p. 87.
(⁷) Colson, *J. Chem. Society*, 111, 1917, p. 552.

	$-K_s.10^6$.	$-K_M.10^6$.
Cyanamide solide	0,589	24,8
Cyanamide dissoute dans :		
eau	0,522	21,9
pyridine	0,569	23,9
n-propanol	0,615	25,8
isobutanol *p*	0,610	25,6
isoamylol	0,607	25,5
acétate d'éthyle	0,586	24,6
acétate d'amyle	0,583	24,5
phtalate d'éthyle	0,605	25,4
isobutyrate d'amyle	0,604	25,4
undécylénate d'éthyle	0,616	25,9

Il semble donc que l'on puisse admettre la valeur de $-24,8.10^{-6}$ pour la susceptibilité magnétique moléculaire de la cyanamide pure; cette valeur est abaissée dans certains solvants par suite de l'ionisation (eau). En solution dans les acétates d'éthyle et d'amyle, on retrouve la même valeur; la molécule s'y trouverait donc sous la même forme qu'à l'état solide. En solution dans les autres esters et les alcools étudiés, on trouve une valeur un peu plus élevée, ce qui indique une interaction entre le solvant et le corps dissous.

Cette valeur $K_M = -24,8.10^{-6}$ est intéressante à comparer à celles que l'on peut calculer à partir de la systématique de Pascal ([8]) en admettant certaines constitutions *a priori*.

Pour la structure cyanamide $NC-NH_2$ on calcule $K_{M_1} = -22,16.10^{-6}$ et pour le schéma carbodiimine $HN=C=NH$, $K_{M_2} = -12,76.10^{-6}$.

La valeur trouvée est donc beaucoup plus près de K_{M_1} que de K_{M_2} et ainsi il y a tout lieu de penser que c'est la structure cyanamide qui représente le mieux le produit cristallisé. On confirme donc ainsi les conclusions établies à partir des propriétés optiques ([3]).

Cette détermination, indépendamment de toute interprétation, permet de fixer l'incrément de structure des cyanamides : $\lambda_{cy} = -1,8.10^{-6}$, c'est-à-dire à très peu près celui du noyau cyanurique fortement apparenté aux cyanamides. Cette exaltation du diamagnétisme résulte de l'accumulation des azotes sur le même carbone, tout comme la présence simultanée d'azote et d'oxygène sur un même carbone exalte le diamagnétisme (urée, carbamates, etc.). Lorsqu'on dimérise et trimérise la cyanamide, on obtient la dicyandiamide à laquelle on attribue souvent la constitution de la cyanoguanidine et la mélamine qu'on

---

([8]) Nous avons utilisé l'ancienne systématique de Pascal, les calculs ayant été faits avant la parution de la Note de MM. Pascal, Pacault et Hoarau (*Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1078). Nos résultats, traduits dans la nouvelle systématique, permettent de calculer de nouveaux incréments, par exemple : $\lambda_{NCN} = +4,6.10^{-6}$.

a assimilée au triamino-triazol symétrique. Les susceptibilités magnétiques sont les suivantes :

	$-K_S.10^6$ trouvé.	$-K_M.10^6$ trouvé.	$-K_M.10^6$ calculé.
Dicyandiamide...........	0,569	47,8 (23,9 × 2)	–
Cyanoguanidine..........	–	–	37
Mélamine................	0,490	61,74 (20,58 × 3)	–
Triaminotriazol..........	–	–	67,48

Dans la cyanoguanidine le même phénomène (accumulation des azotes sur les deux carbones) explique que le diamagnétisme soit exagéré.

Pour la mélamine, nous avons calculé K_M en tenant compte d'un anneau cyanurique et de trois NH_2 aromatiques. Néanmoins, nous trouvons une valeur un peu trop forte; la diminution de la susceptibilité atomique de l'azote est donc encore plus manifeste quand la fonction amine est fixée sur le noyau cyanurique que lorsqu'elle est substituée dans le cycle benzénique. On est donc conduit à prendre ici : $K_N = -2,49.10^{-6}$, si l'on garde $K_N = -5,55.10^{-6}$ pour les azotes du cycle.

On remarquera que suivant la règle générale, la susceptibilité moléculaire (rapportée au monomère), diminue au cours de la polymérisation

$$\frac{|K_{\text{mélamine}}|}{3} < \frac{|K_{\text{dicyandiamide}}|}{2} < \frac{|K_{\text{cyanamide}}|}{1}.$$

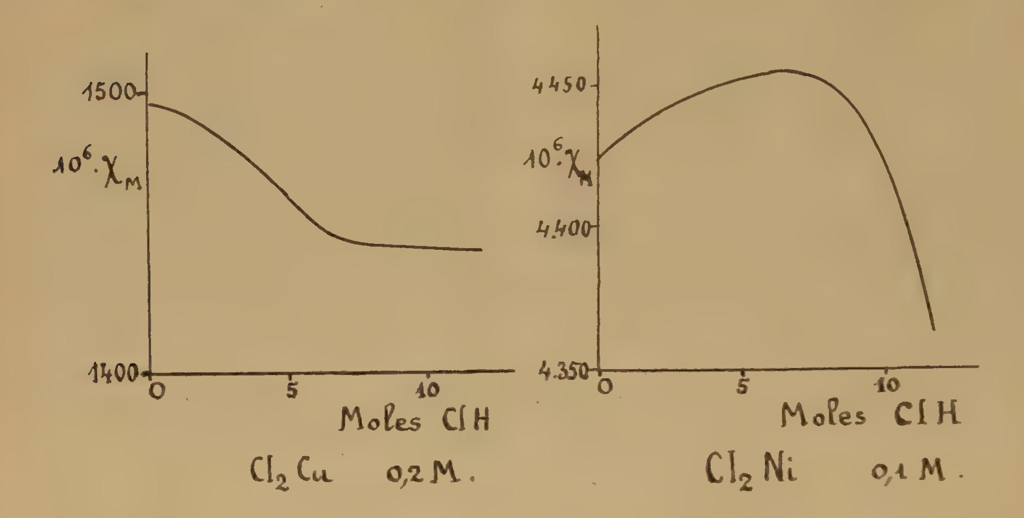
MAGNÉTOCHIMIE. — *Sur la susceptibilité magnétique des solutions chlorhydriques de chlorures de cuivre et de nickel divalents.* Note (*) de M. **Jacques A. Dixmier**, présentée par M. Paul Pascal.

Les mesures magnétiques mettent en évidence la formation d'ions complexes dans ces solutions pour les fortes concentrations en acide chlorhydrique. Dans le cas du chlorure cuivrique, on est sans doute en présence d'ions $[CuCl_6]^{----}$.

Toutes les solutions cuivriques renfermaient 0,2 mole de chlorure cuivrique et de 0 à 12 moles d'acide chlorhydrique au litre; pour le chlorure de nickel, moins soluble, on avait au litre 0,1 mole de ce sel et 0 à 11,5 moles d'acide.

Les mesures magnétiques ont été faites à l'aide du montage classique de Pascal. L'électroaimant, alimenté par un courant qui pouvait atteindre 17 A sous 100 V, était muni de pièces polaires tronconiques terminées par des cercles de 4 cm de diamètre; l'entrefer était de 18 mm. Le tube renfermant la solution, en cristal, muni d'un bouchon rodé, avait un diamètre intérieur de 6 mm et il était lesté avec du mercure. La balance, sensible au 1/10 mg, reposait sur deux marbres de fonderie dont les faces dressées disposées en regard étaient réunies par l'intermédiaire de billes

en acier logées dans une plaque de laiton; des réglettes appliquées sur les quatre côtés du marbre supérieur pouvaient se déplacer parallélement à elles-mêmes et elles étaient commandées par des tiges filetées liées au marbre inférieur et munies de boutons moletés. On réglait ainsi la position dans un plan horizontal de la balance et, par suite, du tube renfermant la solution, suspendu à la place de l'un des plateaux. Une tige filetée



verticale permettait de régler la hauteur (1). Les mesures ont été faites à 19° C; la précision est de 1 à 2 %. A partir de la susceptibilité magnétique spécifique de la solution, nous avons calculé, en appliquant la loi d'additivité la susceptibilité moléculaire χ_M du chlorure. Les courbes reproduites ici donnent les variations de cette grandeur en fonction du nombre de moles d'acide chlorhydrique par litre de solution.

La susceptibilité magnétique moléculaire du chlorure cuivrique décroît à partir de 1495×10^{-6} et se stabilise vers 1445×10^{-6}. Vagnik et Uberoy (2), étudiant la viscosité de ces solutions, indiquaient l'existence d'ions $[Cu\,Cl_4]^{--}$, mais leurs conclusions avaient été combattues par Carter et Megson (3). En se reportant aux travaux systématiques effectués par Amiel (4) sur les cupritétrachlorures et les cupritrichlorures formés avec des bases organiques, on voit que la formation des ions $[CuCl_4]$ ferait croître χ_M; au contraire, si l'on a affaire à des ions $[CuCl_6]^{----}$, il y a bien diminution de χ_M.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) J. A. Dixmier, *Thèse d'Université*, Poitiers, 1951.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 802.

(3) *J. Chem. Soc.*, 131, 1927, p. 2023.

(4) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1400 et 206, 1938, p. 1113.

Dans le cas du chlorure de nickel, il y a d'abord une légère augmentation de χ_M; il est difficile de savoir si elle est provoquée uniquement par une diminution de l'hydratation des ions. Par contre, pour les fortes concentrations en acide chlorhydrique, on caractérise ainsi la formation d'ions complexes avec dépréciation très nette du paramagnétisme.

CHIMIE DES MACROMOLÉCULES. — *Sur la variabilité de composition des acides humiques.* Note de Mlle **Pierrette Cornec**, présentée par M. Paul Pascal.

Étude de la composition centésimale des « acides humiques » provenant de l'oxydation de l'hydroquinone, influence des conditions de préparation (pH milieu réactionnel, agent oxydant). Les acides « hydroquinone-humiques » n'ont pas une composition constante et sont probablement des mélanges de produits assez voisins, différant entre eux par leur degré d'oxydation et leur degré de condensation.

On a remarqué depuis longtemps ([1]) que les acides dérivés des polyphénols se rapprochent des acides naturels par leur composition ainsi que par un certain nombre de leurs propriétés. Nous nous sommes donc proposé de préparer des acides humiques purs et bien définis, quant à leurs conditions de préparation, à partir d'un polyphénol pur : l'hydroquinone et d'analyser les produits obtenus.

Ceux-ci ont été ainsi préparés : une certaine quantité d'hydroquinone est mise en solution basique et l'on ajoute peu à peu l'oxydant en maintenant le pH constant ([2]). On précipite après quelques heures les acides humiques de leur solution alcaline par l'acide chlorhydrique dilué.

La purification est longue et pénible : les acides humiques, substances pratiquement amorphes, entraînent lors de leur précipitation une quantité notable de matières minérales (chlorures, sulfates, carbonates, phosphates alcalins, etc. suivant le milieu de préparation) dont il est très difficile de les débarrasser complètement. Un acide brut après un premier lavage sommaire à l'eau froide laisse après calcination un résidu de 25 à 40 %. En le soumettant alors à des lavages répétés à l'eau chaude (70°) par simple contact avec agitation nous avons pu abaisser progressivement la teneur en impuretés minérales : un premier lavage la ramène généralement à 4 ou 5 % et le degré de pureté n'est plus alors fonction que du nombre de lavages effectués, à la condition toutefois de bien pulvériser les produits avant chaque lavage, pour éviter qu'ils ne s'agglomèrent en grains, et pour que la purification soit plus effective. Après cinq ou six lavages, plus souvent une dizaine, on obtient des produits à 1 ‰ d'impuretés minérales et pouvant être utilisés tels quels pour l'analyse quantitative.

---

(1) W. Eller, *Ann. Chem.*, 431, 1923, p. 133-161.

(2) P. Cornec et P. Brusset, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1860.

Le premier point intéressant consiste à comparer les produits obtenus par l'action de différents agents d'oxydation dans un même milieu basique (soude deux fois normale).

Oxydant utilisé.	C%.	C%.
Hypochlorite de Na........	46,83	3,68
	47,00	3,46
Eau oxygénée	57,60	4,05
	58,42	4,21
Persulfate de Na...........	58,26	3,52
	60,50	3,62

On remarque une très nette divergence des produits de l'oxydation par l'hypochlorite de sodium, dont les rendements sont très faibles.

En nous limitant ensuite à une oxydation par le persulfate de sodium, nous avons trouvé que les compositions varient avec le pH du milieu réactionnel.

1° Nous avons déjà signalé que pour obtenir des acides humiques, il est nécessaire de maintenir un pH basique pendant l'oxydation de l'hydroquinone. Si l'on ne prend aucune précaution, on observe une brusque chute de pH et la formation de quinhydrone. Un produit préparé dans ces conditions présente la composition suivante : C %, 64,67; H % 4,85, et contient presque uniquement de la quinhydrone; placé en solution basique, et traité à nouveau par le persulfate, il conduit à un produit humique à 55,53 % de carbone et 4,21 % d'hydrogène.

2° En opérant en milieu franchement basique et en évitant la chute de pH, soit en utilisant un tampon, soit en ajoutant une base au cours de l'oxydation, nous avons préparé les acides humiques suivants :

Milieu réactionnel.	C %.	H %.
Soude 2N { acide 1...............	61,96	3,36
» 2...............	58,26	3,52
Ammoniaque 2N.................	58,87	2,98
Carbonate, bicarbonate de sodium :		
acide 1......................	59,75	3,41
» 2......................	57,58	4,12
» 3......................	57,09	4,02
» 4......................	56,62	3,69
Phosphate de sodium............	57,40	4,31
Chlorure d'ammonium ammoniaque :		
acide 1......................	51,65	4,48
acide 2......................	50,81	5,31

Il paraît possible de rapprocher entre eux les produits d'oxydation obtenus dans la soude et l'ammoniaque à des pH très basiques, et les produits d'oxydation préparés dans des milieux tampons à pH de l'ordre de 9.

On remarque toutefois qu'en essayant de fractionner ces acides, par l'action d'un solvant organique, des produits paraissant voisins à l'analyse élémentaire, se comportent d'une manière différente à l'égard de l'acétone par exemple.

Une partie assez faible de l'acide préparé en tampon « phosphates » se dissout dans ce solvant, alors que le produit préparé en tampon carbonates y est totalement insoluble.

	C %.	H %.
Acide initial	57,40	4,31
Fraction soluble	58,94	4,43
« insoluble	56,86	4,52

Nous avons enfin constaté que la composition des acides préparés à un même pH, dans un même milieu et en utilisant le même agent d'oxydation, varie dans d'assez larges limites, ce qui se présente par exemple pour des acides préparés en tampon « carbonates » dont les teneurs en carbone varient de 56,62 % à 59,75 % et les teneurs en hydrogène de 3,4 à 4,12 %.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Systèmes linéaires alternants. Application à la chimie.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présenté par M. Louis de Broglie.

Nous étudions les matrices séculaires du type

$$\left\| \begin{matrix} (a-\varepsilon)\,\mathrm{I}_h & \mathrm{A}_{h,n-h} \\ \mathrm{B}_{n-h,h} & (b-\varepsilon)\,\mathrm{I}_{n-h} \end{matrix} \right\|$$

Ceci nous permet d'envisager une extension de la notion d'hydrocarbures alternants.

Un système linéaire et homogène de n équations à n inconnues $c_1, c_2, \ldots, c_n$ est dit alternant quand la matrice $\| a_{ik} \|$ de ses coefficients prend la forme

$$\left\| \begin{matrix} (a-\varepsilon)\,\mathrm{I}_h & \mathrm{A}_{h,n-h} \\ \mathrm{B}_{n-h,h} & (b-\varepsilon)\,\mathrm{I}_{n-h} \end{matrix} \right\|$$

Il est alternant pur si $a=b$ (I_h et I_{n-h} sont les matrices unités d'ordre h et $n-h$, A et B des matrices constantes à deux indices dont le premier indique le nombre de lignes et le second le nombre de colonnes).

Le système est compatible pour les valeurs $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ du paramètre ε qui annule $\Delta(a, b, \varepsilon) = |a_{ik}| = 0$.

Nous supposons dans la suite $h \leq n-h$; en effet, il est toujours possible de se ramener à ce cas par un changement de numérotation des axes.

Théorème I. — *La matrice $\| a_{ik} \|$ présente une dégénérescence d'ordre $n-2h$ pour la valeur propre $\varepsilon = b$. Autrement dit, elle est de rang h au plus pour cette*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

valeur de ε *comme il est aisé de le voir en écrivant le développement de Laplace relatif aux* h *premières lignes de* $\|a_{ik}\|$. *Appelons* $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots \varepsilon_n$ *les* n *valeurs propres de* $\|a_{ik}\|$ *rangées dans l'ordre croissant avec l'indice. On a*

$$\varepsilon_j + \varepsilon_{n-j+1} = a + b \quad \text{pour} \quad 1 \leqq j \leqq h.$$

THÉORÈME II. — *Les zéros non dégénérés du polynome caractéristique d'un système linéaire alternant sont deux à deux symétriques par rapport à* $a + b$.

THÉORÈME III. — *On a*

$$\Delta(a, b, \varepsilon) = (a-\varepsilon)^{\frac{2h-n}{2}} (b-\varepsilon)^{\frac{n-2h}{2}} \Delta\left\{0, 0 \sqrt{(a-\varepsilon)(b-\varepsilon)}\right\}.$$

Toujours avec la convention précédente sur les indices nous appelons $\varepsilon_1^{(0)}, \varepsilon_2^{(0)}, \ldots, \varepsilon_n^{(0)}$ *les zéros de* $\Delta(0, 0, \varepsilon)$. *On voit que :*

Les zéros non dégénérés d'un système linéaire alternant se déduisent des zéros non nuls du système associé à paramètres a, b, *nuls par résolution des relations* $(a-\varepsilon)(b-\varepsilon) = \varepsilon_j^{2(0)}$.

D'après II *on voit qu'il suffit que* $1 \leqq j \leqq h$.

On écrit

$$\varepsilon_{j-} = \varepsilon_j = \frac{a + b - \sqrt{(a-b)^2 + 4\varepsilon_j^{2(0)}}}{2},$$

$$\varepsilon_{j+} = \varepsilon_{n-j} = \frac{a + b + \sqrt{(a-b)^2 + 4\varepsilon_j^{2(0)}}}{2},$$

les autres valeurs propres étant égales à $b(1 \leqq j \leqq h)$.

THÉORÈME IV. — *Soient* $X_j^{(0)}$ *un vecteur propre unitaire de* $\|a_{ik}^{(0)}\|$ *de composantes* $c_{1,j}^{(0)}, c_{2,j}^{(0)}, \ldots, c_{n,j}^{(0)}$ *et* $X_j(c_{1,j}, c_{2,j}, \ldots, c_{n,j})$. *On déduit* X_j *de* $X_j^{(0)}$ *par les relations*

$$c_{ij} = \sqrt{b-\varepsilon}\, c_{i,j}^{(0)}, \qquad c_{k,j} = \sqrt{a-\varepsilon}\, c_{k,j}^{(0)}$$

avec

$$1 \leqq i \leqq h < k \leqq n, \qquad 1 \leqq j \leqq h \qquad \text{ou} \qquad n-h \leqq j \leqq n.$$

Application à la chimie. — Soit un système conjugué formé de h atomes a identiques et de $n-h$ atomes b identiques entre eux ; il est dit alternant si le déterminant séculaire introduit dans son étude par la méthode l. c. a. o. m. o. avec β lointains négligés ([1]) est de la forme

$$\begin{vmatrix} (\alpha_a - \varepsilon)\, I_h & \beta \\ \bar{\beta} & (\alpha_b - \varepsilon)\, I_{n-h} \end{vmatrix}$$

(β et $\bar{\beta}$ matrices des β, α_a et α_b paramètres coulombiens).

Il est aisé de déduire des théorèmes précédents un certain nombre de propriétés remarquables des systèmes conjugués alternants, de reconnaître en particulier des biradicaux et d'obtenir rapidement les diagrammes orbitaux de certains dérivés substitués des hydrocarbures.

([1]) C. A. COULSON, *Proc. Roy. Soc.*, A, 191, p. 40.

Donnons l'exemple du triazabenzène C<(N—C, N—C)>N.

Hypothèse : $\alpha_C = 0$, $\alpha_N = 0,5$, $\beta_{C-N} = \beta_{C-C} = 1$.

Niveaux énergétiques ε_j : 2,26, 1,28, 1,28, —0,78, —0,78, —1,76.

$q_C = 0,816$, $q_N = 1,184$, $p_{C-N} = 0,805$.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Nitruration du niobium.* Note (*) de MM. **Albert Septier**, **Maurice Gauzit** et **Pierre Baruch**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Observation de fils de nitrure de niobium au microscope électronique à émission. Existence probable d'un sous-nitrure. La nouvelle méthode d'observation élargit les possibilités d'utilisation du microscope à émission en métallographie.

Nous avons étudié les conditions pratiques de la préparation de fils de nitrure de niobium. Leur diamètre était de 25/100 de millimètre. La nitruration est effectuée à 1400° C en atmosphère d'ammoniac, plus facile à séparer de l'oxygène que l'azote. Le passage d'un fort courant dans un fil bien calibré fournit un moyen de chauffage aisé (1).

Nous avons porté le fil pendant 20 mn à 1200°, puis pendant 30 mn à 1450° et 40 mn à 1400°. Il est possible de suivre directement la marche de la réaction en mesurant les variations de résistance du fil au fur et à mesure de sa nitruration. Il semble que la réaction soit pratiquement terminée après les deux premiers chauffages d'une durée totale de 50 mn, la résistivité gardant ensuite une valeur constante.

Ce nitrure de niobium avait été préparé pour étudier sa supraconductivité dans l'hydrogène liquide (2). Tous les spécimens se sont révélés supraconducteurs (3), mais la conductivité aux températures ordinaires (— 180° à 100° C) présentant des différences notables suivant les spécimens, il était intéressant de savoir si la nitruration était complète et homogène.

Nous avons d'abord essayé de déterminer si la réaction avait été complète, c'est-à-dire si la composition stœchiométrique du corps obtenu était celle du corps de formule NbN. La détermination pondérale de la composition centésimale ne nous a rien donné. Le niobium, qui possède une forte tension de vapeur aux hautes températures, s'évapore en assez grandes quantités lors de sa nitruration.

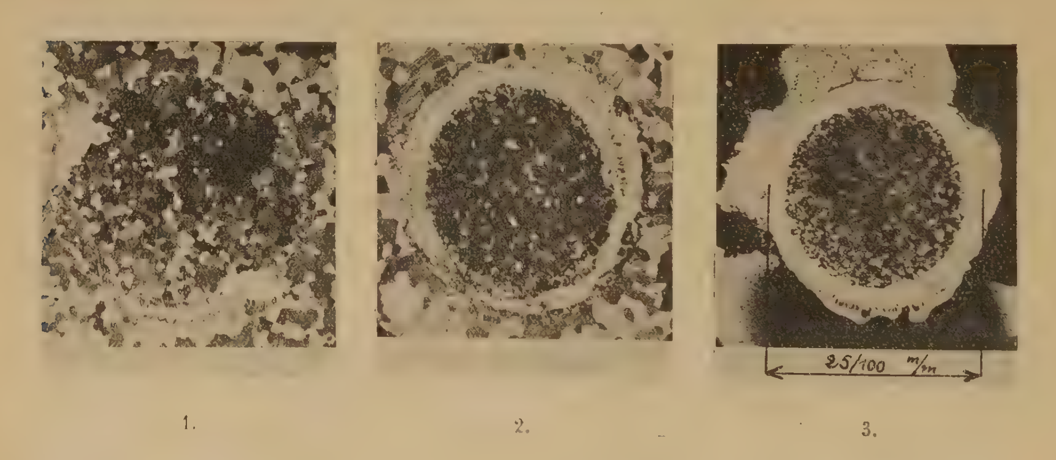
(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) D. H. Andrews, R. M. Milton et W. de Sorbo, *J. Opt. Soc. Amer.*, 36, 1946, p. 518.

(2) Horn, Bruckoh, Ziegler et Andrews, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 738.

(3) P. Baruch, *Diplôme d'études supérieures*, Faculté des Sciences de Paris, 1950.

L'observation au microscope optique métallographique n'étant pas aisée, nous avons utilisé le microscope électronique à émission décrit par deux d'entre nous [4]. Les objets de ce microscope ont la forme de rondelles planes de diamètres compris entre 2 et 5 mm. Nous avons mis au point une méthode d'observation permettant d'étudier ces fils de 25/100 de millimètre de diamètre. Elle consiste à sertir le fil dans une rondelle de métal support ayant le diamètre utilisable. Nous avons enchâssé le nitrure dans du platine et dans du niobium. La préparation de ces objets est assez délicate : la profondeur de champ du microscope à émission étant très faible, la moindre déclivité de la surface, spécialement tout le long de la suture produit une aberration dans l'image. Nous avons obtenu, dans tous les cas et de façon très nette, avec le platine plus malléable, des images qui démontrent l'existence de deux zones de nitruration. Autour de chaque fil, il existe une couronne d'épaisseur à peu près constante suivant les conditions expérimentales (environ 1/6 du rayon). Avec le pouvoir séparateur obtenu, cette zone paraît non cristallisée et a une émission supérieure à celle de la partie centrale du fil dans laquelle on distingue de nombreux petits cristaux. Après un chauffage prolongé à 1800° environ, dans le vide du microscope, nous avons observé une recristallisation de cette région centrale et la croissance des cristallites.



1. 2. 3.

La comparaison de l'image électronique du fil nitruré avec le fil de Nb pur permet d'affirmer que la zone centrale du fil traité n'est pas constituée de Nb pur. L'existence des deux phases vient à l'appui de l'hypothèse de la coexistence de deux nitrures de Nb : l'écorce serait constituée du nitrure NbN déjà connu, alors que l'intérieur, la plus grande partie du fil, serait constitué par le sous-nitrure Nb_2N dont on avait supposé jusqu'ici l'existence.

---

(4) M. Gauzit et A. Septier, *Microscopie*, 2e série, 1, n° 5, mai 1951, p. 109 à 118.

La photographie 1 montre l'aspect d'un fil de Nb pur dans un support du même métal après chauffage à 1800°; l'évolution des deux échantillons est identique. La photographie 2 prouve la différence de nature existant entre le Nb support et la zone centrale du fil nitruré qui y est inclus. L'échantillon n° 3 est enchâssé dans du platine. L'écorce très émissive y est mieux visible, les aberrations dues aux reliefs de la région de suture étant réduites au minimum.

La technique que nous venons de décrire permettra probablement d'élargir le domaine d'utilisation du microscope électronique à émission en métallographie : à côté de la simple observation de la surface de métaux portés à haute température, on pourra ainsi observer les coupes métallographiques de fils ayant subi des traitements divers. On doit pouvoir aussi observer les diffusions thermiques des métaux les uns dans les autres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le chlorure de p-nitrosalicyle et sur l'amino-4 (p-aminosalicylamino)-4' diphénylsulfone.* Note de M. **David Libermann**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le chlorure de *p*-nitrosalicyle est un corps instable, mais, fraîchement préparé à l'aide du chlorure de thionyle, il donne les dérivés habituels.

Dans une Note récente ([1]), MM. Moureu, Chovin et Sabourin signalaient qu'une transformation spontanée du chlorure de *p*-nitrosalicyle en dinitro-2.6 disalicylide rendait impraticable sa préparation directe. Or, nous avons constaté que cette transformation est loin d'être immédiate et que le chlorure de *p*-nitrosalicyle fraîchement préparé par l'action du chlorure de thionyle sur l'acide *p*-nitrosalicylique en milieu benzénique permettait d'obtenir les dérivés désirés. Nous avons ainsi préparé la nitro-4 (*p*-nitrosalicylamino)-4' diphénylsulfone. Cette sulfone, réduite par le fer en présence de chlorure d'ammonium, nous a donné l'amino-4 (*p*-aminosalicylamino)-4' diphénylsulfone attendue.

Si l'on garde le chlorure de *p*-nitrosalicyle pendant quelques jours, il se transforme peu à peu en dinitro-2.6-disalicylide, son point de fusion monte progressivement et il perd lentement son chlore sous forme de gaz chlorhydrique, c'est pourquoi les analyses et les réactions tentées donnent des résultats aberrants. Comme un excès de pyridine facilite sans doute cette condensation, MM. Moureu, Chovin et Sabourin, qui opéraient en sa présence, ne pouvaient obtenir le chlorure de *p*-nitrosalicyle.

Chlorure de p-nitrosalicyle ($C_7H_4O_4NCl$). — 2 g d'acide *p*-nitrosalicylique, 5 cm³ de $SOCl_2$ et 20 cm³ de benzène sec sont chauffés 5 h à reflux. L'acide se dissout peu à peu. On chasse le solvant et l'excès de $SOCl_2$ sous vide, on ajoute

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 1951, p. 743.

un peu de benzène et amène à sec de nouveau. Le résidu est recristallisé dans le cyclohexane. F 62°.

Analyse. — Trouvé % : Cl 17,16; 17,39 au lieu de Cl 17,61 calculé.

Nitro-4 [p-nitrosalicylamino]-4′ diphénylsulfone ($C_{19}H_{13}O_8N_3S$). — Le chlorure précédent est chauffé pendant une heure à reflux avec 3,33 g de nitro-4 amino-4′ diphénylsulfone dans 22,5 cm³ d'acétone en présence de 1,5 g de carbonate de potassium. On laisse refroidir et l'on essore. On lave à l'eau et l'on essore de nouveau. Le produit obtenu est insoluble dans les solvants organiques. On le fait bouillir 15 mn dans l'alcool, puis le lave à l'acétone.

Amino-4 [p-aminosalicylamino]-4′ diphénylsulfone ($C_{19}H_{17}O_4N_3S$). — Dans un ballon de 250 cm³ avec agitateur et thermomètre, on place 50 cm³ d'eau, 0,5 g $ClNH_4$ et 2,8 g de fer en poudre. On chauffe à 80° en introduisant peu à peu 2 g du dérivé nitré précédent. On chauffe ensuite 5 h à 80-85°.

On essore, épuise l'insoluble à l'acétone (100 cm³) filtre et chasse l'acétone. Le résidu est dissous dans 15 cm³ de pyridine bouillante; on ajoute 15 cm³ d'eau chaude, décolore au noir, filtre et ajoute encore 15 cm³ d'eau bouillante. F 279-280°.

Analyse. — Trouvé % : N 10,87, 10,96; S 8,74 au lieu de N 10,96; S 8,35 calculé.

L'amino-4 [*p*-aminosalicylamino]-4′ diphénylsulfone est dépourvue de toute action tuberculostatique, comme l'a déjà signalé une conférence récente (²) bien que deux produits éminemment actifs : la diamino-4.4′ diphénylsulfone et l'acide *p*-aminosalicylique s'y trouvent réunies dans la même molécule.

$$H_2N-C_6H_4-SO_2-C_6H_4-NH.CO-C_6H_3(OH)-NH_2$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acétylation et l'hydrogénation de certains aminooxydes dans la série de la strychnine.* Note (*) de M. **Michel Polonovski**, Mlle **Madeleine Darmon** et Mme **Pesia Rajzman**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans des travaux antérieurs (¹), l'un de nous a montré que l'anhydride acétique transforme les aminooxydes des bases tertiaires N-méthylées en dérivés acétylés des bases nor, selon le mode d'action probable :

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>N(=O)-CH_3 \rightarrow \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>N(CO-CH_3)(CH_3)-O-CO-CH_3 \rightarrow \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>N(CO-CH_3)(OCH_3)-CO-CH_3 \rightarrow \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>N-CO-CH_3$$

(²) Cottet, Rist, Perdigon, Libermann et Moyeux, *Thérapie* 1951, p. 251.

(*) Séance du 12 novembre 1951.

(¹) Max Polonovski et Michel Polonovski, *Bull. Soc. Chim.*, 41, 1927, p. 1190-1208.

Dans le but d'étendre cette réaction à des bases tertiaires bicycliques à charnière azotée, nous avons étudié l'action de l'anhydride acétique à chaud sur les trois aminooxydes suivants : N-oxyde de strychnine (I), N-oxyde de dihydrostrychnine (II), N-oxyde de néostrychnine (III) ([2]) :

(I) (2)

(II)

(III)

Dans les trois cas, les produits de la réaction ont perdu les caractères de la fonction aminooxyde, et l'on isole : *a.* une fraction plus ou moins importante, soluble dans l'acide chlorhydrique normal, constituée par la base résultant de la réduction de l'aminooxyde de départ, strychnine (Rdt 20 %), dihydrostrychnine (27 %) ou néostrychnine (3,5 %); *b.* une fraction de réaction neutre, insoluble dans les acides dilués, soluble dans les acides concentrés. Après dissolution dans le chloroforme et précipitation par l'éther de pétrole, on isole un composé amorphe très légèrement jaunâtre dont les caractéristiques sont respectivement les suivantes (*voir* tableau ci-après).

Ces analyses témoignent d'une fixation d'un acétyle sur les aminooxydes de strychnine et de dihydrostrychnine et de deux acétyles sur l'aminooxyde de néostrychnine. Une différence de même ordre se retrouve dans l'action de l'anhydride acétique sur les bases elles-mêmes; nous avons vérifié en effet que la strychnine et la dihydrostrychnine ne sont pas attaquées, même après une action prolongée pendant 20 h à l'ébullition, alors que la néostrychnine dans les mêmes conditions fournit un composé acétylé ([3]), $C_{23}H_{28}O_5N_2$.

([2]) Les formules adoptées sont celles démontrées par R. B. WOODWORD et J. BREHM, *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 2107-2115.

([3]) K.-H. PAUSACKERT et R. ROBINSON, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 951.

Aminooxyde de départ.	F. (*) (°C).	$\alpha_{[J]}$ chloroforme (°).	Acétyle en $COCH_3$ %.	C %.	H %.	N %.	Rdt %.
N-oxyde de strychnine F 217-222° $\alpha_{[J]}$ + 2° (H_2O)	205	−32,9	10,91	67,60	6,70	6,65	25-30
	210	–	–	67,46	6,46	6,71	
	–	–	–	67,13	6,46	6,68	
	–	–	–	66,75	6,53	6,53	
Calculé pour $C_{23}H_{26}O_5N_2$......			10,48	67,32	6,38	6,83	
Calculé pour $C_{23}H_{28}O_5N_2$......			10,43	66,96	6,84	6,79	
N-oxyde de dihydrostrychnine F 205° $\alpha_{[J]}$ + 51°,03 (H_2O)	205	+15,3	10,23	66,64	6,90	6,68	16
	210	–	–	66,80	6,89	6,43	
	–	–	–	66,71	6,89	6,28	
	–	–	–	66,41	6,71	6,48	
Calculé pour $C_{23}H_{28}O_5N_2$......			10,43	66,96	6,84	6,79	
Calculé pour $C_{23}H_{30}O_5N_2$......			10,38	66,64	7,29	6,76	
N-oxyde de néostrychnine F 182-184° $\alpha_{[J]}$ + 17°,6 (H_2O)	165-167	+58,7	19,16	65,94	6,28	–	40
	–	–	–	65,90	6,30	6,07	
	–	–	–	66,02	6,40	6,24	
	–	–	–	66,12	6,40	–	
Calculé pour $C_{25}H_{28}N_2O_6$......			19,02	66,35	6,23	6,19	
Calculé pour $C_{25}H_{30}N_2O_6$......			18,94	66,06	6,65	6,16	

(*) Les points de fusion sont très sensibles à l'action de traces de solvant.

En vue de préciser le sort de la fonction N-oxyde au cours de la réaction, nous avons effectué l'hydrogénation catalytique des différents aminooxydes et de leurs dérivés acétylés en présence de catalyseur d'Adams en milieu alcoolique et en milieu acétique. La fixation d'hydrogène sur les trois aminooxydes s'opère aisément à température ordinaire. Si l'on arrête l'opération après fixation d'une molécule d'hydrogène, on isole les bases correspondantes. Si l'on poursuit l'hydrogénation on obtient, dans le cas du N-oxyde de strychnine, la dihydrostrychnine. Le N-oxyde de néostrychnine ne fixe une deuxième molécule d'hydrogène qu'en milieu acétique, en fournissant également la dihydrostrychnine.

Quant aux trois dérivés acétylés, seul celui du N-oxyde de strychnine fixe une molécule d'hydrogène. Le produit obtenu (F 195-202°) C % 67,19, 67,25, H % 6,93, 6,52 correspond au produit d'acétylation du N-oxyde de dihydrostrychnine. L'hydrogénation ne s'est donc pas accompagnée du départ d'un atome d'oxygène.

Ainsi les produits de la réaction de l'anhydride acétique sur les deux N-oxydes isomères se comportent très différemment, celui qui dérive du N-oxyde de strychnine révélant seul une double liaison hydrogénable.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse de deux tellurures de cuivre par compression des poudres cristallines de cuivre et de tellure.* Note de MM. **Raymond Hocart** et **Roger Molé**, transmise par M. Charles Mauguin.

Pour des valeurs de compression unilatérale échelonnées entre 3500 et 17500 kg:cm², deux phases cristallines ont été obtenues : dans tous les cas une phase type weissite, à laquelle s'ajoute dans des conditions intermédiaires une phase type rickardite.

Nous avons étudié les réactions du cuivre et du tellure dans le cadre des expériences effectuées par compression des poudres de cuivre et soufre ([1]) d'une part, de cuivre et sélénium ([2]) d'autre part.

Les poudres utilisées ont une grosseur de grains moyenne de 20 μ pour le cuivre et de 10 μ pour le tellure. Comme lors des opérations précédentes, le cuivre utilisé est fraîchement réduit avant chaque compression et mélangé avec le tellure dans le rapport de 9 Cu à 5 Te.

Le cuivre et le tellure ainsi comprimés réagissent ensemble, mais le début de la réaction a lieu pour une pression 10 fois supérieure à la valeur correspondante dans les cas du soufre et du sélénium. D'autre part, la réaction est ici moins complète, ce qui est en accord avec les chaleurs de formation des sulfures et des séléniures, toutes deux plus élevées que celle du tellurure cuivreux. Pour mémoire, nous noterons les différentes valeurs estimées :

$$Cu_2S = 20\,270 \text{ cal}, \qquad Cu_2Se = 20\,840 \text{ cal}, \qquad Cu_2Te = 14\,300 \text{ cal}.$$

Les pastilles obtenues sont examinées au microscope et aux rayons X par la méthode Debye-Scherrer. On identifie très nettement quatre phases qui sont : le cuivre et le tellure non combinés, une phase gris-bleu type weissite $Cu_{2-x}Te$, et une phase rouge-violacé type rickardite $Cu_{4-x}Te_2$.

Lorsque les phases $Cu_{2-x}Te$ et $Cu_{4-x}Te_2$ coexistent, elles sont intimement mélangées; cette coexistence se manifeste dans des conditions expérimentales notablement plus étendues que pour les séléniures. Parallèlement, la production d'une pastille faite d'une phase homogène unique $Cu_{2-x}Te$, est plus difficilement accessible que dans le cas de $Cu_{2-x}Se$.

La phase $Cu_{2-x}Te$, type weissite, est pseudo-cubique (probablement orthorhombique) : nous trouvons pour paramètre de la maille apparente $a'_0 = 10,0_5$ kX, c'est-à-dire à très peu près $\sqrt{2}$ fois le paramètre $a_0 = 7,22$ kX indiqué par Thomson ([3]) et qui est le double du paramètre du cuivre pur.

La phase $Cu_{4-x}Te_2$, type rickardite, est quadratique; ses paramètres sont,

---

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 424.

([2]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 661.

([3]) R. M. Thompson, *Amer. Min.*, 34, 1949, p. 357-358.

ici

$$a_0 = 3{,}95 \text{ kX}, \qquad c_0 = 6{,}06 \text{ kX},$$

en accord satisfaisant avec ceux déterminés par Peacock ([4])

$$a_0 = 3{,}97 \text{ kX}, \qquad c_0 = 6{,}11 \text{ kX}.$$

Le tellure qui subsiste dans la pastille, surtout à la température ordinaire, conserve une contraction dépendant de la pression appliquée; le paramètre a_0 passe de 4,45 kX (Te normal) à 4,35 kX pour 17500 kg : cm².

Nous résumons les principaux résultats dans un tableau comparatif :

Pression par cm² (kg).	Durée (h).	Température (°C).	Phases en présence (les phases dominantes sont en italique).
3 500.....	8	ordinaire	*Cu* + *Te* + traces de weissite
»	48	»	*Cu* + *Te* + traces de weissite
10 000.....	1	»	*Cu* + *Te* + weissite + rickardite probable.
»	48	»	Cu + Te + weissite + rickardite
17 500.....	8	»	weissite + rickardite + Cu + traces Te
3 500.....	8	150	*Cu* + *Te* + traces de weissite et de rickardite
»	48	»	*weissite* + *rickardite* + Cu + traces Te
10 000.....	1	»	*weissite* + *rickardite* + traces Cu et Te
17 500.....	1	»	*weissite* + *rickardite*; Cu ? Te ?
»	48	»	*weissite*; Cu ?
3 500.....	1	250	*weissite* + traces Cu et Te
14 000.....	4	»	*weissite* + traces Cu

D'après ce tableau, il apparaît que la phase $Cu_{2-x}Te$ se forme toujours dans les divers cas de pression, température et durée étudiés; la phase $Cu_{4-x}Te$ est presque toujours présente à 150°.

Il apparaît cependant que la weissite $Cu_{2-x}Te$ ainsi formée est moins stable que la rickardite, lorsqu'elle est conservée à température et pression ordinaires; par exemple, le vieillissement d'une pastille constituée initialement de weissite et de rickardite en quantités sensiblement égales, conduit après deux mois à un mélange où la rickardite domine très nettement. La weissite se transforme en rickardite, ce qui provient de la très grande mobilité du cuivre déjà constatée dans les expériences faites avec le cuivre et le sélénium.

Dans les synthèses par compression des poudres de cuivre d'une part, de soufre, de sélénium et de tellure d'autre part, il est donc particulièrement important d'étudier les mélanges de phases immédiatement après leur production.

Quant à l'importance du facteur durée au cours même des expériences, elle est montrée par un essai effectué sous 17 500 kg pendant 8 jours à température ordinaire; il donne uniquement de la weissite avec des traces de cuivre. La

---

([4]) S. A. Forman et M. A. Peacock, *Amer. Min.*, 34, 1949, p. 441-451.

nature des phases obtenues à partir de Cu et Te dépend donc non seulement de la pression et de la température comme dans le cas de Cu et Se, mais aussi de la durée de la compression.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Spirales de croissance sur des cristaux d'or obtenus par précipitation.* Note de MM. **Séverin Amelinckx**, **Carl C. Grosjean** et **Willy Dekeyser**, transmise par M. Charles Mauguin.

D'après la théorie de Frank [1], la croissance des cristaux se fait, dans le cas où la sursaturation est faible, par l'adjonction d'unités de croissance le long de l'arête exposée créée par l'émergence d'une ou de plusieurs dislocations hélicoïdales sur une des faces du germe primaire. Ce mode de croissance est révélé par l'existence de spirales sur une des faces du cristal résultant.

Cette théorie a reçu récemment plusieurs confirmations expérimentales. On a observé, en effet, des spirales de croissance sur des faces de cristaux de béryl [2], *n*-hexatriacontane [3], de carborundum [4], [5] et d'iodure de cadmium [6]. Des preuves un peu plus indirectes ont, en outre, été observées ou déduites dans le cas de la muscovite [7] et de certains minéraux argileux [8].

Dans la majorité des cas nous avons affaire à des cristaux dont le réseau peut être décrit comme une superposition de couches simples ou complexes à fortes liaisons internes, maintenues ensemble par des forces homopolaires, ioniques ou Van der Waals. Dans ces cas, le vecteur de Burgers résultant des dislocations hélicoïdales est perpendiculaire à ces couches. Alors que l'existence de dislocations de Taylor et de Burgers avait été postulée en premier lieu pour expliquer certains phénomènes qui caractérisent particulièrement l'état métallique, il était curieux de constater qu'on n'avait pu prouver directement leur existence que dans des cas où n'interviennent nullement des liaisons dites métalliques.

A première vue, ceci pouvait s'expliquer par le fait que la plupart des métaux ont des mailles relativement petites, ce qui, évidemment, peut rendre des figures de croissance difficilement observables. Une circonstance fortuite nous a permis de prouver que ceci n'est pas le cas et nous avons

(1) *Trans. Farad. Soc.*, n° 5, 1949, p. 48.
(2) L. J. Griffin, *Phil. Mag.*, (7), 41, 1950, p. 196.
(3) Dawson et Vand, *Nature*, 167, 1951, p. 476.
(4) S. Amelinckx, *Nature*, 167, 1951, p. 939.
(5) Verma, *Nature*, 167, 1951, p. 939.
(6) Forty, *Phil. Mag.*, (7), 42, 1951, p. 670.
(7) Amelinckx, *Nature* (sous presse).
(8) W. Dekeyser et S. Amelinckx, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1297.

pu observer, comme le montre la photographie, des spirales de croissance sur les faces (111) de cristaux d'or. Ces spirales ont une forme triangulaire; la visibilité relativement bonne de ces figures de croissance nous fait supposer que le vecteur de Burgers doit être un multiple relativement grand de la maille unité. Les très faibles dimensions des cristaux (10 à 30 μ) n'ont pas permis de mesurer ce vecteur par interférométrie.

A





$\times$ 1500.

B



L'existence de telles dislocations hélicoïdales fait penser à l'existence de différentes modifications ou polytypes de l'or. Les dimensions des cristaux n'ont malheureusement pas permis de réaliser des diagrammes Weissenberg ou Laue. Un diagramme Debye-Sherrer qui ne nous donne évidemment qu'une moyenne, n'a révélé que les raies caractéristiques de l'or cubique.

Les cristaux d'or ont été obtenus par l'un de nous (C. G.) d'une façon curieuse et que nous croyons nouvelle, en voulant récupérer le chlorure d'or restant dans une solution de dorure électrolytique. Cette solution avait, par litre, la composition suivante : Na_2SO_4, 60 g; Na_2SO_3, 12 g; KNC, 2 g; $AuCl_3$, 3 g; le Na_2SO_3 employé était peut-être déjà oxydé. Du fait de l'électrolyse, la quantité d'$AuCl_3$ avait été réduite à 2,5 ou 2 g environ.

La récupération de l'$AuCl_3$ qui, finalement, a donné les cristaux d'or, a été tentée en concentrant par ébullition 500 ml de la solution décrite. Ceci s'est effectué par portions de 100 ml auxquelles 80 ml d'HCl fort étaient additionnés. Quand le volume du tout était réduit à 90 ml, des cristaux blancs ont commencé à se séparer du mélange. Ceux-ci ont été reconnus comme étant des cristaux de Na_2SO_4 et NaCl. L'ébullition étant arrêtée à ce moment, nous avons remarqué 18 h plus tard des petits cristaux d'aspect métallique parmi cette masse blanche. Isolés par filtration, l'analyse rœntgénographique et microscopique a révélé que nous avions affaire à des cristaux d'or de faciès tabulaire.

La réduction effectuée est difficile à expliquer. Des expériences sont en cours afin de trouver une explication pour la réduction et essayer d'obtenir des cristaux plus grands, de façon à pouvoir mesurer les vecteurs de Burgers et faire les diagrammes de Weissenberg afin d'examiner si des polytypes sont présents.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie du complexe marneux « crétacé supérieur » dans le Nord-Constantinois (Algérie).* Note (*) de MM. **Michel Durand Delga** et **Jacques Sigal**, présentée par M. Paul Fallot.

Grâce aux microfaunes, plusieurs niveaux peuvent être datés dans le « Crétacé supérieur » de la Chaîne numidique. D'importantes conclusions en découlent : l'âge campanien d'un Flysch à microbrèches auparavant considéré comme oligocène ; l'âge éocène d'une grande partie de la série supposée crétacée et, en particulier, de la plupart des « marnes noires à nodules jaunes ».

La région faisant l'objet de la présente Note borde, au Sud, le Massif ancien de Petite Kabylie, entre les méridiens de Djidjelli, à l'Ouest, et du Dj. Sidi-Dris, à l'Est. Les auteurs y attribuaient au Crétacé supérieur une puissante série marneuse, presque sans macrofossiles, passant graduellement, vers le bas, au Crétacé moyen, et surmontée par un bref épisode de marnes argileuses noires « dano-montiennes » (1), couronné par les calcaires à silex « suessoniens » (Éocène inférieur).

Au cours de recherches détaillées, de très nombreux échantillons de marnes ont été recueillis (M. D. D.). Des microfaunes ont été révélées : assez pauvres et de conservation relativement mauvaise, elles ont néanmoins permis de distinguer (J. S.) quatre ensembles fauniques bien nets.

Le premier (faune A) peut se situer vers la base du Campanien. Il est caractérisé par une faune de Rosalines (*Globotruncana linnei*, *Gl. arca* type et var. nov. (2), *Gl. marginata*, *Gl. globigerinoides*, *Gl. fornicata*, *Gl. stuarti*) et par : *Gümbelina globulosa*, *G. striata*, *G. costulata*, *Globigerina* sp., *Globorotalites micheliniana*, *Valvulineria allomorphinoides*, *Allomorphina cretacea*, *Quinqueloculina circularis*, *Gyroidina* aff. *quadrata*, *Bulimina* du gr. *kickapooensis*, *Rzehakina epigona*. Cette faune trouve sa signification dans l'absence des éléments qui vont se surajouter dans les ensembles supérieurs.

Le deuxième ensemble (faune B) se place vers le sommet du Campanien mais assurément au-dessous de la zone à *Bostrychoceras polyplocum* ou à *Globotruncana calcarata*. A la faune précédente s'ajoutent : des *Ventila-*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) J. Flandrin, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2e série, n° 19, 1948, p. 88-90.

(2) Les variétés et espèces nouvelles seront décrites ultérieurement (J. S.).

brella (*V. eggeri*, *V.* n. sp.), des *Gümbelina* nouvelles, des *Pseudotextularia* encore simples, *Bolivinoides draco-miliaris*, et surtout des Rosalines coniques (*Globotruncana conica* et *Gl. calciformis*, et les formes qui les relient respectivement à *Gl. fornicata* et à *Gl. arca*).

Le troisième ensemble (faune C) se localiserait dans la moitié inférieure du Maestrichtien. Il diffère du précédent par l'apparition de certaines Rosalines (*Globotruncana lamellosa* n. sp., *Gl. jakobi-stuarti* n. sp.) et l'affirmation des formes coniques mentionnées plus haut, par apparition ou affirmation de *Gümbelina* (*G. planoconvexa*), de *Pseudotextularia* (*P. varians*), de *Ventilabrella* (*V.* n. sp.), de *Rosalinella limbata*, de *Globigerina* (*G. rugosa*).

Le quatrième ensemble (faune D) représente de l'Éocène, en général inférieur, mais où certains échantillons renferment des formes qui pourraient faire penser à des niveaux plus élevés. La faune caractéristique est essentiellement composée de *Globigerina* (*G. mexicana*, cf. *triloculinoides*, cf. *aspensis*, *soldadoensis*, *danvillensis*, cf. *cryptomphala*, *rotundata* var. *pakistanensis*, n. spp.) et de *Globorotalia* (*G.* aff. *crassata*, aff. *velascoensis* var. *acuta*, aff. *spinuloinflata*, n. spp.). Il faut citer en outre des *Chiloguembelina*, *Cibicides hispaniolae*, *Bulimina trinitatensis*, *Pullenia quinqueloba* var. *angusta*, *Spiroplectammina trinitatensis*. Parfois des formes crétacées sont remaniées dans ce niveau.

Les microfaunes révèlent que les étages représentés dans le complexe « crétacé supérieur » ne sont pas partout les mêmes, comme incitait déjà à le croire la diversité des faciès. On peut distinguer trois zones paléogéographiques, allongées parallèlement à la bordure Est-Ouest du massif kabyle, et plus ou moins loin de ce dernier.

La zone I, voisine du socle ancien, montre un complexe marneux homogène. Il débute, sur le Flysch albo-aptien, par des marnes noirâtres admettant parfois des boules de calcaire jaune ; selon les points, la microfaune montre du Sénonien inférieur, peu net, ou du Campanien (faune A).

La zone II, plus au Sud, correspond à l'axe Chaîne numidique-Babors. Vers l'Ouest domine une épaisse série de marnes grises avec des lits de microbrèches calcaires ; ce Flysch est daté de la base du Campanien (faune A). A l'Est, le Flysch à microbrèches se réduit ou disparaît. En discordance sur les diverses assises secondaires antéaptiennes repose le complexe marneux sénonien ; sa partie inférieure révèle, selon les points, du Campanien (faune B) ou du Maestrichtien (faune C), parfois sous le faciès à nodules jaunes. Des niveaux de poudingues s'y intercalent.

Dans les zones I et II, vers le milieu de la série marneuse se montrent des niveaux lenticulaires de calcaires à Inocérames ; d'âge varié, ils sont surtout maestrichtiens (faune C), mais il en est aussi du Campanien supérieur (faune B) ou inférieur (faune A). Dans les mêmes zones, le sommet de la série « crétacée » est constitué de marnes noires à nodules jaunes ; leur faune D prouve qu'il s'agit d'Éocène inférieur.

La zone III s'étend à partir du revers méridional de l'axe Chaîne numidique-Babors. Il y règne une puissante série de marnes noires, où les nodules jaunes peuvent être très abondants. Ces marnes reposent, près de Sidi-Merouane, sur l'Albo-Aptien marno-calcaire. Elles sont datées sur toute leur épaisseur de l'Éocène inférieur (faune D). Ce faciès était considéré jusqu'à présent comme typiquement sénonien. Il s'étend largement plus au Sud, dans le Constantinois occidental.

Conclusions. — 1. Les niveaux suivants ont pu être caractérisés dans la région étudiée : Sénonien inférieur probable, Campanien inférieur, Campanien supérieur, Maestrichtien inférieur, Éocène inférieur.

2. Le Flysch gris à microbrèches, si répandu dans le Sénonien du Nord de l'Algérie, est bien daté, dans notre région, du Campanien inférieur. Il était attribué jusqu'à maintenant à l'Oligocène.

3. Les marnes à nodules calcaires jaunes étaient données, depuis Ficheur, comme caractéristiques du Sénonien. Ce faciès se rencontre en réalité dans les étages les plus variés. En particulier, dans notre région, les marnes noires à boules jaunes qui terminent la série « crétacée » sont bien datées de l'Éocène inférieur, comme seul l'avait entrevu Tissot [1]. Les microfaunes montrent que ces marnes reposent sur des termes variés du Crétacé : il y aurait donc eu, dans le Nord du Constantinois, interruption de la sédimentation entre le Crétacé et le Tertiaire.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les Reliefs résiduels, ou Inselberge, du bassin de la Bénoué (Nord-Cameroun).* Note de M. ÉDOUARD ROCH, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Les *Inselberge* qui accidentent les pénéplaines précambriennes du Nord-Cameroun étaient déjà façonnés au moment du dépôt du Crétacé. Aujourd'hui dégagés de leur enveloppe de sédimentaire, ils forment à nouveau des reliefs.

Dans cette région, les pénéplaines portent souvent des collines arrondies, ou *Inselberge*, hautes de 100 à 200 m et dispersées au hasard, semble-t-il. Leurs roches sont surtout des granites, mais il y a aussi des syénites et des gabbros, que nous qualifierons de *jeunes*, car les structures intactes prouvent que leur mise en place s'est effectuée après les derniers plissements du Birrimien. Les granites appartiennent néanmoins encore au Précambrien puisque, dans toute l'Afrique noire, on n'en connaît pas de plus récents. En revanche, les schistes cristallins du Birrimien, ceux du Dahomeyen, formation plus ancienne que la précédente, et les granites qui leur sont

---

(1) *Texte explicatif de la Carte géologique provisoire au* [illegible] *du département de Constantine*, Alger, 1881.

associés, ne participent jamais à la constitution de ces bosses qui ont été remarquées autrefois par les explorateurs allemands [1].

Le processus de formation des *Inselberge* est discuté. Faut-il admettre avec M. C. Reed [2] que ce type de relief serait en liaison avec les structures des roches et avec leur composition minéralogique ? L'hypothèse est plausible et, en tout cas, plus admissible que celle, du même auteur du reste, selon laquelle il s'agirait peut-être des foyers des intrusions granitiques modelés au cours de diverses périodes ou de cycles d'érosion successifs. E. F. Gautier [3] et M. E. de Martonne [4] ont mis l'accent sur l'origine climatique du façonnement; mais, tandis que le premier envisageait un aspect particulier du modelé désertique, le second, en ce qui concerne notamment les *pains de sucre* du Brésil, formes non réalisées du reste au Nord-Cameroun, invoquait un intense ruissellement.

Entre ces diverses explications, nous ne choisirons pas, désirant simplement montrer ici que les reliefs résiduels granitiques du bassin de la Bénoué, loin d'être récents, datent au contraire de périodes géologiques anciennes, ainsi qu'en témoignent les observations suivantes :

1° Les explorations de notre confrère P. Schwœrer dans le pays de Boubandjidda, c'est-à-dire dans la vallée de la Bénoué en amont de son confluent avec le Mayo Kébi, révèlent que la pénéplaine gneissique précambrienne conserve de nombreux lambeaux de grès crétacés. La cote moyenne de la pénéplaine est de 200; or, elle est accidentée de bosses de jeunes granites dont la plus importante est la colline, ou Hosséré, Douka (cote 480). Plus modeste, l'Hosséré Lagdo (feuille de Bibémi au 1/100 000e) domine la plaine de 150 m seulement.

Il est surprenant de constater que la Bénoué, au lieu de contourner le relief et de profiter de l'un des deux points bas qui sont proches pour s'écouler vers le Nord, a scié une gorge large de 140 m à peine en plein granite, sous l'aplomb du point culminant. Cette curieuse disposition, qui n'avait d'ailleurs pas échappé aux géographes allemands, prouve que le cours de la Bénoué est surimposé. Nous pensons donc que le Crétacé a enfoui complètement la colline de Lagdo qui, maintenant dégagée, fait saillie au-dessus de la pénéplaine. Étant donné la tectonique de la région, nous ne pouvons envisager que la couverture sédimentaire ait dessiné un pli anticlinal aujourd'hui érodé.

2° Le cas de la colline de Gouna (680 m) est à retenir. Elle domine de

---

(1) S. Passarge (*Das deutsche Kolonialreich*, 1, Ostafrika und Kamerun, 1909, p. 607) désigne le pays de Boubandjidda comme une *Inselbergeregion*.

(2) *Geology of the british Empire*, p. 200.

(3) *Le Sahara*, p. 45.

(4) *Traité de géographie physique*, 2, p. 632.

près de 200 m le village du même nom bâti près de la bifurcation de la route de N'Gaoundéré-Garoua à Poli. La roche est ici une granulite armée de nombreux filons de pegmatites. Au Sud, comme à l'Ouest, les grès néocrétacés sont conservés en flaques à la surface de la pénéplaine, vers 500; leurs bancs plongent doucement vers le Nord et descendent ainsi à 400 au Mayo Boki. A nouveau, tout se passe comme si la colline de Gouna constituait un relief au moment du dépôt des grès.

3° Le pays falli montre des faits comparables à ceux qui précèdent, mais plus complexes en raison des plissements. Nous retiendrons simplement qu'au Sud de la colline de Ribao, à quelques centaines de mètres du repos normal du grès crétacé sur le granite, une ellipse de ce même granite pointe à travers la couverture sédimentaire de façon telle qu'il ne soit pas possible d'invoquer le jeu de cassures. On doit donc, semble-t-il, admettre que le Crétacé a fossilisé le relief granitique antérieurement formé.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Un type nouveau de côte alluviale basse; la côte à formations parallèles ou côte du type gabonais.* Note (*) de M. **Pierre Legoux**, transmise par M. Théodore Monod.

De vastes plaines littorales sont formées à Madagascar, au Gabon et en Louisiane par la répétition d'un grand nombre de formations parallèles rectilignes constituées de rides sableuses alternant avec des dépressions lagunaires filiformes plus ou moins colmatées. Ces phénomènes, très apparents en observation aérienne, sont assez amples pour justifier la définition d'un nouveau type de côte basse alluviale.

Au cours de voyages en avion au-dessus des côtes d'Afrique Équatoriale et de l'Est de Madagascar, on peut remarquer sur de grandes étendues des côtes basses alluviales formées d'un grand nombre de rides parallèles généralement sableuses séparées par des dépressions tantôt occupées par des lagunes filiformes ou des marigots parallèles, tantôt plus ou moins colmatées de vase et occupées par une végétation différente des rides sableuses. Ces alternances répétées de rides et de sillons donnent aux savanes un aspect curieusement réglé. Dans les zones de transition de la savane à la forêt, cette dernière commence à s'installer dans ces dépressions et l'on peut observer successivement des amorces filiformes de forêts au milieu de la savane passant à des lambeaux de forêts allongés dans le sens général des rides puis, la forêt gagnant, à des clairières filiformes de savane isolées au milieu de la forêt; quelquefois, dans la forêt même, on continue d'apercevoir des alignements de frondaisons plus claires correspondant à des arbres croissant dans les sillons plus humides.

Ces phénomènes sont particulièrement apparents sur la côte du Gabon,

(*) Séance du 19 décembre 1951.

de la Pointe Matouti (Mayoumba) au Cap Lopez (Port-Gentil), où une plaine littorale de 375 km de long et de plusieurs kilomètres de large est constituée de cette manière, interrompue par quelques rares affleurements rocheux du substratum crétacé. Le phénomène est particulièrement beau à l'embouchure de la Nyanga et la disposition des forêts et des savanes y est assez apparente pour avoir été notée sur la carte forestière de H. Gayraud (1). On doit signaler également la presqu'île Mandji où la plaine littorale rectiligne s'appuie vers l'intérieur sur des formes très complexes de plaines anciennes du même type (2).

Des phénomènes analogues peuvent être observés sur la côte Est de Madagascar dans les plaines de Nosy-Varika à Mahanoro (80 km), puis de Mahanoro à Vatomandry (55 km) et, enfin, de part et d'autre de l'embouchure de l'Ivondro jusqu'à Tamatave (45 km) sur des largeurs de 2 à 3 km pouvant atteindre localement 4 à 5 km. A Madagascar, le phénomène est souvent plus complexe qu'au Gabon et l'on retrouve, derrière la plaine côtière actuelle, des restes, souvent importants, d'une plaine analogue antérieure recoupée par la plus récente (notamment région du lac Analampontsy, Sud de l'embouchure du Mangoro, etc.) (3).

Les cartes américaines de la côte de Louisiane à l'Ouest de l'embouchure du Mississipi montrent des plaines basses analogues sur un développement de 50 km avec une largeur maxima de 4 km (4).

La distance de crête à crête de ces rides parallèles est variable de 30 à 200 m et se tient plus souvent entre 50 et 100 m. La hauteur des rides par rapport aux sillons ne dépasse pas 3 m et est souvent beaucoup moindre.

Ces formations parallèles semblent être formées par des cordons littoraux successifs qui se sont développés en enserrant derrière eux des lagunes filiformes progressivement colmatées. Ces cordons ont leur origine dans les courants parallèles à la côte qui charrient les alluvions détritiques portées à la mer par les fleuves (Gabon : courant Sud-Nord de Benguella; Madagascar : contre-courant Sud-Nord; Louisiane : courant Est-Ouest du Golfe du Mexique). Le phénomène semble favorisé par une légère tendance à l'exhaussement du pays, les plus belles de ces plaines ayant en effet une très légère pente vers la mer; mais cette condition peut être compensée par des apports alluviaux massifs comme ceux du Mississipi.

---

(1) H. Gayraud, *Carte forestière de l'Embouchure de la Nyanga au* 1/100 000e.

(2) *Cf.* photoplan de la presqu'île de Port-Gentil au 1/10 000e publié par l'Institut Géographique National.

(3) *Cf.* feuilles Tamatave et Fanandrana au 1/50 000e du Service Géographique de Madagascar et photographies verticales au 1/50 000e de l'Institut Géographique National (missions 30, 31, et 32).

(4) *Cf.* quadrangles Bayou Labauve, Grand Bayou, Cameron, Johnsons Bayou au 1/31 680e de la carte topographique des U. S. A.

Ces rides parallèles sont à rapprocher des « beach ridges » de la littérature géographique américaine ([5]). Comme elles, ce sont des rides ou levées continues (fulls ou ridges) séparées par des dépressions ou sillons (swales, slashes ou furrows) correspondant à des positions successives d'une ligne de rivage qui avance. Mais ces auteurs les décrivent plus particulièrement en des points singuliers des côtes (cuspate forelands et tombolos) où ces rides s'étalent en virgations et en éventail et se recoupent quelquefois mutuellement.

Johnson, notamment, donne une bonne illustration de ces points particuliers et Lobeck, qui cependant renvoie aux cartes topographiques de Louisiane et de certains rivages des Grands Lacs où apparaissent des plaines littorales à formations parallèles, classe ces dernières dans les caractéristiques mineures des rivages.

Ces rides, organisées en faisceaux strictement parallèles, peuvent prendre une ampleur suffisante pour constituer des unités géographiques d'intérêt régional. Nous proposons de donner à ces côtes le nom de *côtes à formations parallèles* ou *côtes du type gabonais* et de les classer dans les formes de côtes d'émergence ou de stabilité.

Une description détaillée et illustrée de ces phénomènes géographiques sera donnée dans un autre recueil.

PÉTROGRAPHIE SÉDIMENTAIRE. — *Premiers résultats d'une étude sur les produits odorants des calcaires fétides.* Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

Trois calcaires fétides étudiés contiennent un corps soluble dans l'eau, volatil, ammoniacal et phosphoré, sans doute analogue à un phosphénate.

L'existence de calcaires fétides dans de nombreuses formations géologiques est un fait bien connu, mais je n'ai pu trouver aucun renseignement précis sur la nature des matières odorantes qu'ils contiennent ([1]). Aussi, pensant qu'il y aurait peut-être là une source d'information précieuse sur les conditions de dépôt des roches carbonatées, ai-je entrepris l'étude de quelques calcaires fétides.

Trois échantillons ont été examinés à ce sujet : un calcaire saccharoïde clair du Trias de Letourneux (Algérie), rapporté par M. Guillemot; un

---

([5]) F. P. Gulliver, *Shoreline topography* (*Amer. Ac. Arts and Sciences*, 1989); D. W. Johnson, *Shore processes and shorelines development*, 1919; A. K. Lobeck, *Geomorphology*, 1939, p. 357 et 360.

([1]) *Voir* par exemple : M. Longchambon, *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 21, 1910-1911, n° 131, p. 23.

calcaire noirâtre, largement cristallisé, du Dogger du Briançonnais, que j'ai recueilli en compagnie de M. M. Lemoine; enfin, un calcaire brun-noir, à patine extérieure claire, de l'Éocène du Constantinois, que m'a procuré M. D. Reyre.

Le calcaire éocène a été pulvérisé dans un mortier en présence d'eau distillée. La suspension ainsi réalisée a été filtrée; la boue restante, reprise par l'eau distillée, a ensuite été soumise à une distillation. Le filtrat et le distillat ont les mêmes propriétés. Leur pH est de 8,5. Ils donnent directement, avec le réactif de Nessler (mercuritétraiodure de potassium), le précipité brun caractéristique de l'ammoniaque. L'attaque par l'acide sulfurique à l'ébullition amène, après concentration suffisante, le dégagement d'un acide volatil; la liqueur, traitée par de la potasse et concentrée, puis reprise par l'acide azotique, donne les cristaux caractéristiques du phosphomolybdate d'ammonium : le même résultat est obtenu en opérant la concentration en présence d'eau régale, sans passer par l'attaque alcaline, ce qui élimine le risque de confusion avec un silicomolybdate, qui aurait pu prendre naissance par l'action de la potasse sur l'émail de la capsule.

L'étude des deux autres échantillons a été moins poussée : celui du Trias a fourni de même un produit ammoniacal et phosphoré, soluble dans l'eau et distillable; celui du Dogger alpin, malgré les actions tectoniques intenses qu'il a subies, contient aussi de l'ammoniaque unie à un acide volatil, où je n'ai pas recherché le phosphore, car il a été étudié avant les autres et je n'ai pas encore pu reprendre son analyse. Dans les trois cas, la recherche du soufre dans le filtrat ou le distillat a été négative; mais il y a presque toujours de la pyrite dans le sédiment.

De ces observations, on peut conclure que les calcaires fétides étudiés contiennent un produit soluble dans l'eau, entraînable par la vapeur d'eau à chaud, qui est un *sel ammoniacal d'un acide volatil contenant du phosphore et exempt de soufre*. Il paraît très vraisemblable qu'il s'agit d'un sel organo-phosphoré, peut-être de la série des phosphénates; je m'attacherai à en préciser la nature. Il est hautement probable que ce sel volatil est le produit odorant recherché.

La conservation dans la roche d'un corps soluble dans l'eau et volatil est, certes, inattendue : elle est sans doute due à l'emprisonnement de ce corps, en très petites inclusions, dans les cristaux de calcite, lors de la consolidation de la roche.

Des matières charbonneuses : graphite dans le calcaire du Dogger, hydrocarbures dans celui de l'Éocène, accompagnent la pyrite et le sel d'ammonium. On ne peut douter qu'il s'agisse là des produits dus à la fermentation de matières organiques, —C, N, P, S— accumulées sur le fond, dans des mers fermées ou plus probablement dans des mers ouvertes, sans doute aux dépens du plancton ([2]), ([3]). Le phosphore de ce plancton

---

([2]) L. Cayeux, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1564; *Les phosphates de chaux sédimentaires de France*, 1, 1939, p. 102.

([3]) M. Brongersma-Sanders, *Verh. Kon. Ned. Ak. van Wetensch., Amsterdam, Afd. Nat., Sec.* 2, Dl. 45.4, 1948.

qui, dans des conditions réductrices, a donné notre corps organo-phosphoré, aurait pu, dans d'autres conditions, donner des phosphates de chaux : le rôle des organo-phosphorés dans la phosphatisation mériterait d'être considéré avec attention.

D'autre part, il est remarquable que le pH 8,5 est, à un dixième près, celui (8,6) qui correspond à l'optimum de précipitation du calcium, à partir de l'eau de mer, par des solutions d'ammoniaque ou d'amines plus ou moins carbonatées (4), (5). En même temps que NH_4, dont, selon toute vraisemblance, une partie seulement est restée enfermée dans la roche, la fermentation a dû donner du gaz carbonique; la coexistence de ces deux corps a pu contribuer efficacement à la production de CO_3Ca, ou même en être le facteur principal.

Ainsi, les observations relatées ici sont-elles le prolongement de recherches déjà effectuées sur la précipitation des calcaires (*loc. cit.*), en même temps qu'elles fournissent une nouvelle orientation à des essais sur la genèse des phosphates.

MÉTALLOGÉNIE. — *Présence de l'uranium et du tungstène dans la minéralisation d'Azegour (Haut-Atlas des Guedmioua, Maroc).* Note de M. **François Permingeat** (1), présentée par M. Paul Fallot.

1. Des mesures de radioactivité effectuées au gisement de molybdénite d'Azegour ont permis de localiser dans les travaux miniers quelques zones à radioactivité élevée. Des échantillons ont été prélevés par M. Bourg, directeur de la mine, M. Vergerio, ingénieur subdivisionnaire des mines et moi-même, au niveau 1473, près du puits 3, dans une petite recoupe Sud, le 8 décembre 1949.

L'étude de ces échantillons m'a permis d'identifier la pechblende associée à de la pyrite et de l'hématite dans une gangue de calcite et de quartz.

La pechblende présente, en sections polies, une « structure colloïdale » typique. Elle forme de minces auréoles mamelonnées autour de plages de pyrite mêlée d'hématite ou de gangue. Sa forte radioactivité, sa couleur, son opacité, sa structure, son pouvoir réflecteur, son isotropie, ses caractères d'attaque en sections polies, permettent de l'identifier sans ambiguïté.

Une analyse (n° S 10.640 du 6 janvier 1950), effectuée sur un concentré, par M. Coisset, chef du laboratoire de la division des mines et de la géologie du Maroc, confirme pleinement cette détermination.

---

(4) G. Lucas, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1023.
(5) G. Lucas, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1026.

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12.642, déposé le 16 janvier 1950, ouvert à la demande de l'auteur, le 2 janvier 1952.

2. Des échantillons recueillis dans les travaux miniers d'Azegour, au niveau 1458 de la « lentille 6 », à environ 120 m au sud du puits 3, dans une zone où se trouve de la fluorine, par MM. Bourg, Vergerio et moi-même, le 8 décembre 1949, renferment un peu de scheelite.

Celle-ci a pu être caractérisée par ses propriétés optiques et par des mesures cristallographiques effectuées par M. C. Gaudefroy. En particulier, sa vive fluorescence bleue dans l'ultraviolet, l'absence du molybdène et la présence du tungstène constatées chimiquement, permettent de la différencier de la powellite.

La scheelite se présente en petits grains, intimement mêlée de calcite, dans une grenatite contenant notamment de la molybdénite, de la fluorine violette et de la calcite blanche.

MÉTALLOGÉNIE. — *Découverte de molybdénite à Bou Azzer, Sud-Marocain.* Note de M. **Georges Jouravski** [1], présentée par M. Paul Fallot.

Poursuivant mes recherches métallogéniques dans la région de Bou-Azzer (Sud-Marocain), j'ai constaté le 26 novembre 1949 la présence d'une abondante minéralisation en molybdénite dans la recoupe 29 du filon 5.

J'ai procédé à la détermination chimique et minéralogique de ce minéral qui se présente en fines inclusions dans un remplissage filonien à gangue de quartz et de calcite.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Présence dans le coton d'une substance faisant disparaître l'action inhibitrice exercée par les fortes doses d'hétéroauxine.* Note de M. **François Nysterakis**, présentée par M. Raoul Combes.

En ajoutant, par litre de milieu de culture, 40 mg d'extrait hydrosoluble de coton cardé, on neutralise l'action inhibitrice exercée sur *Nectria galligena* par de fortes doses (allant jusqu'à 400 mg) d'acide indol-3-acétique.

Mes tentatives pour mettre en évidence la présence, dans les tissus de végétaux supérieurs, d'une antiauxine naturelle sont restées infructueuses jusqu'en 1950. A cette date j'ai observé que l'extrait hydrosoluble du coton cardé perturbait l'action inhibitrice exercée par l'hétéroauxine sur la croissance d'un microorganisme; depuis lors de nombreuses cultures de divers champignons ont été suivies. Je ne donnerai ici que les résultats de la dernière expérimentation avec *N. galligena*. Mlle Berducou (1949-1950) a démontré que ce microorganisme fabrique et sécrète de fortes doses d'acide indol-3-acétique

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12616, déposé le 5 décembre 1949, ouvert à la demande de l'auteur, le 2 janvier 1952.

et que sa croissance est inhibée par de faibles doses (0,2 mg:l) de cet acide. C'est pour cette raison que j'ai choisi *N. galligena* comme premier « test antiauxine ». Je rappellerai que Shopfer et Rytz (1937), Robbins et Schmitt (1945), T. Constantin (1945), Pollok (1948), ont démontré que l'extrait de coton cardé contient une substance de croissance qui agit puissamment sur la croissance de *Phycomyces blakesleeanus*, de trois levures et d'une bactérie. J'ai également constaté que le même extrait contient une substance auxogène qui favorise la croissance de *N. galligena* et d'autres champignons parasites.

Pour étudier l'action antiauxinique de l'extrait de coton j'ai employé comme milieu : Knop 1/2 additionné de 30 g de glucose et de 13 g de gélose par litre. A ce milieu nutritif sont ajoutés, par litre, pour les expériences de la série AI (+ hétéroauxine seule) : 20 cm³ d'eau + 25, 50, 100, 200 ou 400 mg d'acide indol-β-acétique; pour les expériences de la série E + AI (+ extrait + hétéroauxine) : 20 cm³ d'extrait de coton cardé [1] et les doses d'hétéroauxine mentionnées. Les cultures sont faites parallèlement dans des erlenmeyer de 300 cm³ (volume du milieu introduit : 35 cm³) et dans des tubes en pyrex de 33 mm contenant 20 cm³ de milieu. Le 29 juin 1951 on ensemence 5 à 6 mg d'une culture monosperme de *N. galligena*. Les cultures sont maintenues à 22°C dans une étuve vitrée. Le degré du développement du mycélium est indiqué par le diamètre de l'auréole formée (en mm). Le poids sec est donné en milligrammes. Voici réunies les observations du 29 juillet 1951 concernant les cultures dans les erlenmeyer :

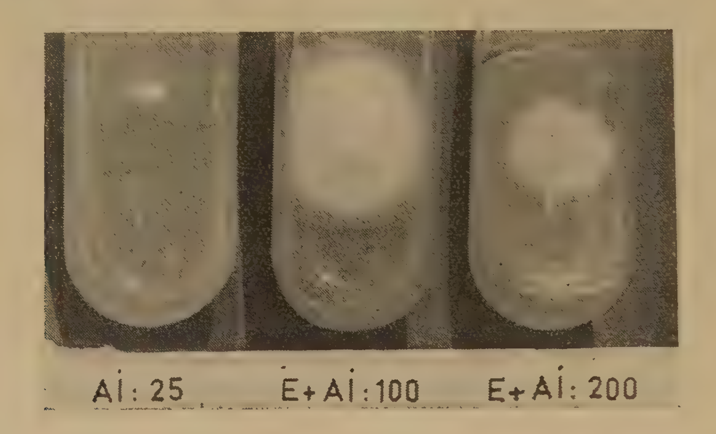
Acide/L (mg).....	25.		50.		100.		200.		400.	
	Diam.	P. S.	Diam.	P. S.	Diam.	P. S.	Diam.	P. S.	Diam.	P. S
Série AI..........	6	4	6	4	5	3	4	2	3	0
Série E + AI.....	75	190	70	180	52	170	50	150	45	120

Le tableau se passe de commentaires; on voit par exemple que, en présence de 400 mg d'hétéroauxine (série AI 400), la croissance du champignon est arrêtée. Il suffit d'ajouter par litre du même milieu 20 cm³ d'extrait pour obtenir 120 mg de matière sèche (série E + AI 400).

L'extrait annihile donc l'action que l'hétéroauxine exerce sur la croissance du champignon et déplace même le seuil de la concentration toxique de cette substance. Il est intéressant de noter que l'activité de la substance du coton est considérable puisque 40 mg d'extrait sec *brut* (teneur de 20 cm³ de la solution ajoutée) suffisent pour faire disparaître l'action inhibitrice exercée sur *N. galli-*

(1) L'extrait est obtenu en autoclavant à la fois 250 tubes en pyrex, de 33 mm, bouchés au coton cardé (3 g par tube) à 130° C pendant 30 mn. Après stérilisation, 20 à 30 tubes contiennent 1 à 4 cm³ de liquide. La teneur en matière sèche du liquide de chaque tube est variable. Le mélange de tous les extraits dont je me suis servi dans ces expériences contenait 2 ‰ de matière sèche.

gena par 400 mg d'hétéroauxine. Les photographies prises le 19 juillet montrent quelques cas caractéristiques des cultures faites dans les tubes. A cette date 25 mg d'hétéroauxine (série AI 25) arrêtent la croissance du champignon tandis que, en présence de l'extrait, même 200 mg d'hétéroauxine (série E + AI 200) restent sans effet.



On peut donc conclure qu'une substance contenue dans le coton cardé se comporte comme une antiauxine naturelle, au moins en ce qui concerne l'action inhibitrice de l'hétéroauxine sur la croissance de *N. galligena*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'emploi de l'isotope radioactif* P^{32} *dans l'étude de l'alimentation phosphatée des végétaux*. Note de M. **Georges Barbier** et Mlle **Christiane Husson**, présentée par M. Albert Demolon.

Depuis une dizaine d'années, des agronomes ont cherché à préciser les rôles respectifs des fumures et du sol dans la nutrition phosphorée des cultures, à l'aide d'engrais phosphatés contenant l'isotope radioactif P^{32}; celui-ci peut être dosé séparément dans la plante, la radioactivité lui conférant une marque distinctive. Or, il n'est pas certain que le principe même de cette méthode soit correct, pour la raison suivante :

Dans des cultures sur solutions, H. Jenny [1], ayant fait absorber à des plantes du potassium radioactif, puis les ayant transportées sur un milieu à potassium inactif, a constaté que les plantes cédaient au milieu du potassium radioactif, alors même qu'elles absorbaient une quantité substantielle de potassium. Il est donc possible qu'en culture normale, des ions marqués absorbés par des radicelles aux points d'impact des particules d'engrais, soient excrétés d'une manière continue en d'autres points de l'appareil radiculaire, auquel cas la quantité d'élément marqué contenue dans la

(1) *Soil Science*, 48, 1939, p. 9-24.

récolte à un instant donné serait inférieure à la quantité absorbée par les plantes depuis le début de la végétation.

Le but de cette Note a été de rechercher si l'alimentation phosphatée des plantes donne lieu également à de tels échanges d'ions de même espèce entre racines et milieu et d'apprécier l'intensité du phénomène.

De jeunes plants de maïs ont été cultivés d'abord sur une solution nutritive contenant par litre 10 mg P^2O^5 radioactif (0,1 mC : g P^2O^5), puis sur la même solution avec phosphates inactifs. Les solutions étaient agitées fréquemment par barbotage d'air et renouvelées tous les deux ou trois jours. P actif [2] et P total ont été dosés dans les solutions à chaque renouvellement. Le bilan complet de P actif, établi pour l'une des expériences, a concordé avec P actif dosé directement dans la récolte (98,6 au lieu de 97,4 mg, pour 12 pieds de maïs).

Nous avons constaté que les maïs, tout en ayant absorbé une fraction importante de P actif ou inactif fourni (50-80 %) ont toujours excrété dans le milieu une petite fraction de leur propre phosphore, aussi bien dans la première phase des expériences (P inactif des graines cédé en échange de P actif du milieu), que dans la deuxième phase (excrétion de P actif). Les premières de ces mesures, effectuées nécessairement par différence (excès du P actif cédé par la solution sur P effectivement perdu en elle) sont beaucoup moins précises que les secondes, qui donnent directement P actif excrété. D'après ces dernières, la quantité d'ions phosphoriques actifs cédée par les plantes représente, par jour, en général, 0,5 à 1,5 % de la quantité de P actif contenue à ce moment dans les plantes.

Mais la mesure de P excrété en un certain intervalle de temps ne représente pas la cinétique du phénomène, les plantes pouvant réabsorber les ions qu'elles ont excrétés au même titre que les autres : P des plantes retrouvé dans le milieu peut être d'autant plus petit que la plante à consommé plus de phosphates :

Renouvellements successifs de la solution..........	1er	5^e^	6^e^
Durée de chaque intervalle.......................	2 jours	3 jours	2 jours
Milligrammes P^2O^5 fournis à 12 pieds de maïs.....	39	39	39
P^2O^5 non consommé (en mg)....................	15,7	4,9	11,15
P des plantes retrouvé dans le milieu pour-cent de P marqué contenu dans les plantes................	1,8	0,34	0,53

Dans des cultures sur solutions coulantes, ayant comporté des prélèvements fréquents de solution, nous avons constaté que le phénomène d'excrétion est continu et se produit aussi bien pendant la nuit que pendant le jour (expérience sur six plants de très jeunes maïs) :

---

(2) Le Commissariat à l'Énergie atomique a bien voulu se charger des dosages de radioactivité et nous a éclairés de ses conseils.

Heure des prélèvements......	12	14 1/2	16	18	21	2	7	9	11 1/2–14	18
γP_2O_5 actif excrété par heure.	45	92	70	80	60	53	48	52	50	46

Signalons que dans des cultures en pleine terre d'orge et de maïs, ayant reçu par hectare 50 et 70 kg P^2O^5 (0,1 mC : g P^2O^5 au moment du semis), le développement des plantes n'a été que légèrement entravé par comparaison avec la même dose de P^2O^5 normal.

Conclusion. — Dans les sols naturels, les échanges d'ions phosphoriques de la plante contre des mêmes ions phosphoriques du sol peuvent être quantitativement plus importants qu'en milieu liquide, où l'appareil radiculaire est proportionnellement moins développé. D'autre part, H. Jenny (3) a observé qu'en présence d'argile, l'excrétion par la plante de potassium marqué (comme d'ailleurs la pénétration de K du milieu dans la plante) est plus intense qu'au contact d'une solution exempte de substances colloïdales, pour une même concentration globale en K. Nous ne pouvons donc pas fixer dès à présent une valeur même approchée de l'intensité dans le sol en place du phénomène étudié. En admettant, comme ordre de grandeur possible, d'après nos expériences, que la plante excrète par jour 1 % du phosphore de l'engrais qu'elle renferme à chaque instant, l'intégration graphique d'une courbe que nous avons obtenue expérimentalement pour une orge en sol de limon indique que les plantes auraient perdu au cours de leur vie environ 60 % du phosphore de l'engrais que la récolte renferme en fin de végétation. La mesure de cette dernière quantité ne doit donc pas être considérée, jusqu'à plus ample informé, comme fournissant une valeur absolue du coefficient d'utilisation de l'engrais.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur deux flores fossiles quaternaires d'Afrique du Nord.* Note (*) de MM. **Camille Arambourg**, **Jean Arenes** et **Georges Depape**, présentée par M. Roger Heim.

Les recherches paléontologiques poursuivies en Afrique depuis de nombreuses années par l'un de nous (C. A.) l'ont amené à recueillir, associées à des gisements de Vertébrés, les deux flores fossiles qui font l'objet de cette Note.

La première provient du gisement du Lac Ichkeul près de Bizerte (Tunisie) où elle est contenue dans des argiles intercalées entre des sables et graviers à ossements succédant en concordance au Pliocène marin.

---

(3) *Loc. cit.*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

La faune correspondante est caractérisée par : un Éléphant du groupe d'*E. planifrons*, un Mastodonte brevirostre (*Anancus osiris*), un Hipparion (*Stylohipparion libycum*), un Sivathériné, (*Libytherium maurusium*), avec des représentants des genres *Equus*, *Omochœrus*, *Hippopotamus*, *Camelus*, *Gazella*, *Redunca*, etc., association caractéristique du Villafranchien inférieur de Berbérie (¹).

La seconde provient des argiles dites « de Maison Carrée » aux environs d'Alger, lesquelles, par leur faune de Vertébrés : *Elephas cfr. ausonius*, *Hippopotamus amphibius*, *Equus cf. mauritanius*, *Sus scrofa*, *Bos primigenus*, *Gazella atlantica*, etc., de même que par leurs relations stratigraphiques, correspondent à un niveau plus récent que le Villafranchien et bien antérieur au Thyrrhénien, donc à un stade assez ancien du Pléistocène moyen (Rissien vraisemblablement). Ces données sont d'accord avec les résultats de l'étude des flores associées et dont l'exposé ci-dessous résume les conclusions essentielles; un Mémoire détaillé sur ce sujet sera publié ultérieurement.

Les récoltes paléobotaniques effectuées dans les conditions indiquées ci-dessus permettent d'apporter une contribution notable à la connaissance des flores quaternaires nord-africaines, très mal connues jusqu'ici.

1. *Flore du Lac Ichkeul.* — *Salix alba* L., *S.* cf. *S. canariensis* C. Sm., *Pterocarya* spec., *Juglans regia* L., *Quercus Mirbeckii* Dr., *Q. afares* Pom., *Q. Ilex* L., *Q. Suber* L., *Fagus* cf. *F. silvatica* L., *Ulmus scabra* Mill.; *Elæagnus* cf. *E. angustifolia* L., *Cassia* spec., *Ceratonia siliqua* L., *Rhus Coriaria* L., *Sapindus* spec. 1, *Sapindus* spec. 2, *Laurus nobilis* L., *Pittosporum* spec., *Olea europæa* L.

2. *Flore de Maison Carrée près d'Alger.* — *Smilax aspera* L. var. *mauritanica* (Desf.) G. G., *Salix alba* L., *S. cinerea* L., *Populus alba* L., *Carpinus Betulus* L., *Quercus Mirbeckii* D. R., *Q. afares* Pom., *Q. Ilex* L., *Q. coccifera* L., *Rubus ulmifolius* (Schott) F., *Rhamnus Frangula* L., *Vitis Ducellieri* Ar. et Dep., *Laurus nobilis* L., *Fraxinus Ornus* L.

La flore du Lac Ichkeul est une flore de dépôts lacustres où dominent les types caducifoliés, à laquelle participent des espèces d'affinités tropicales (cinq espèces, 26 %) (*Salix canariensis, Cassia, Sapindus, Pittosporum*) et un ensemble à caractère plus ou moins boréal : *Elæagnus*, *Salix alba*, *Fagus silvatica*, *Ulmus scabra*, les trois dernières eurosibériennes concrétisant l'élément le plus froid; les plantes autochtones nord-africaines actuelles n'entrent qu'en proportion relativement faible (47 %) dans cette

---

(¹) *Cf.* C. Arambourg, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5ᵉ série, 19, 1949, p. 195; *C. R. Soc. Biogéogr.*, n° 241, 1951, p. 49.

flore qui semble correspondre à une période climatique de transition et avoir sa place à l'extrême base du Villafranchien.

La flore de Maison Carrée est une flore de dépôts d'estuaire à laquelle l'absence de tout élément tropical, la très large dominance d'un ensemble tempéré et froid (*Salix alba*, *S. cinerea*, *Populus alba*, *Carpinus Betulus*, *Rhamnus Frangula*, *Vitis Ducellieri*), confèrent un caractère nettement plus froid que celle d'Ichkeul; elle est aussi plus sèche par l'absence du Hêtre, du Chêne-liège, de *Salix canariensis*, d'*Ulmus scabra*, et par la place infime qu'y tient *Quercus afares*; elle est plus récente : le pourcentage des espèces actuelles y est de 78 %.

On peut penser qu'elle appartient, de par sa composition, au Riss et, très vraisemblablement, aux époques terminales de cette avant-dernière période glaciaire.

Dans leur ensemble, ces deux flores quaternaires nord-africaines réunissent trois groupes bien distincts d'éléments phytogéographiques : tropical, mésogéen et boréal. Ce dernier, avec *Elæagnus angustifolia**, *Salix alba*, *S. cinerea*, *Populus alba*, *Fagus silvatica**, *Carpinus Betulus**, *Ulmus scabra**, *Rhamnus Frangula*, n'est pas le moins remarquable par la présence de quatre espèces* de nos jours étrangères à la flore indigène d'Afrique septentrionale.

La présence de *Carpinus Betulus*, d'*Ulmus scabra*, de *Fagus silvatica*, de *Juglans regia*, du genre *Pterocarya*, d'*Elæagnus angustifolia* dans le Quaternaire nord-africain pose certains problèmes chorologiques et paléogéographiques; ces plantes durent participer aux échanges floristiques entre l'Europe et l'Afrique, qui ont modifié plus ou moins profondément, et à plusieurs reprises, les caractères de la végétation. Elles semblent avoir obéi aux mouvements d'ensemble des flores vers le Sud qui se sont produits depuis le Crétacé à la faveur des modifications climatiques et par lesquels les flores tertiaires tropicales d'Asie, d'Europe et d'Amérique ont cédé progressivement leur domaine à celles, alors tempérées, des régions plus septentrionales, arctiques. C'est un fait indéniable pour l'élément boréal; il se vérifie dès à présent, pour certains groupes mésogéens (s. l.); il s'appliquera, à n'en pas douter, à l'ensemble de l'élément mésogéen tertiaire dont nos méditerranéennes ne sont que la descendance; il convient encore à deux tropicales, *Cassia* spec. et *Sapindus* spec. 1.

Quatre grands tracés semblent avoir permis à ces migrations d'atteindre l'Afrique : la voie transtyrrhénienne durant le Tertiaire inférieur (Montien), la voie égyptienne par Suez depuis le Pontien, la voie bético-rifaine au Pontien-Plaisancien par Gibraltar, la voie siculo-tunisienne, par la Sicile, Malte et la Tunisie, intermittente, au Quaternaire ancien (Saint-Prestien).

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur la tension de succion des cellules stomatiques et épidermiques.* Note de M. **Igor Mouravieff**, présentée par M. Roger Heim.

En employant la méthode d'Ursprung et Blum, l'auteur a trouvé que la tension de succion des cellules stomatiques des stomates ouverts est très inférieure à celle des cellules épidermiques.

Nous avons tenté de mesurer la tension de succion des cellules stomatiques de la feuille de *Vicia Faba* L. comparativement à celle de l'épiderme en employant les méthodes d'Ursprung et Blum ([1]), méthode cellulaire pour les cellules, méthode des bandes pour les tissus. Ces méthodes consistent essentiellement à chercher une concentration de sucre qui ne provoque pas de changement de dimensions des cellules ou de la longueur des bandes de tissus par rapport aux premières mesures effectuées dans l'huile de paraffine ou dans une chambre humide de très petites dimensions. Chaque concentration de glucose a été expérimentée sur 300 stomates. La tension de succion du même épiderme a été mesurée par la méthode cellulaire pour les cellules épidermiques et par la méthode des bandes pour l'ensemble de l'épiderme. Chez les plantes que nous avons étudiées elle est de 6,6 atm pour les cellules épidermiques ordinaires aussi bien chez les feuilles dont les stomates sont fermés que chez celles où ils sont ouverts. Les moyennes des résultats obtenus sont condensées dans le tableau ci-joint.

Tableau des variations de la surface extrême des cellules dans les solutions de glucose : ces variations (en plus ou en moins) sont exprimées en pour-cent de la surface mesurée dans l'huile de paraffine.

Concentration de la solution de glucose.	Stomate ouvert isolé.	Stomate ouvert en place.	Stomate fermé isolé.	Stomate fermé en place.	Cellule épidermique en place.
Eau distillée.......	+ 0,07	—22	+14	—10	+12
0,1 mol..........	— 4	—17	+ 8	— 6	+10
0,2 »	— 7	—17	+ 2	— 3	+ 6
0,3 »	—11	—15	— 3,5	+ 4	— 1
0,4 »	—13,5	—12	— 9	+ 7,5	— 7
0,45 »	–	—12	–	–	Plasmolyse limite
0,5 »	—16	—15	—15	+11	— 8
0,7 »	—19	—18	—21	+ 7,5	–

Comme le montre nettement le tableau, la tension de succion des stomates ouverts isolés apparaît être pratiquement nulle. Placés dans l'eau distillée, ils ne montrent aucun changement de surface externe par rapport à celle qu'ils avaient dans l'huile de paraffine et se contractent régulièrement dans toutes les

([1]) A. Ursprung, *Handb. d. biolog. Arb. Meth.* (Abderhalden), 1, 4, H. 7, 1937, p. 1347-1364 et 1369-1384.

solutions de glucose même très diluées. Cela se confirme également par le comportement des stomates ouverts en place, qui subissent aussi une diminution de surface, tout d'abord par suite de la pression des cellules épidermiques voisines, dans l'eau et les solutions faibles, puis, à partir de la concentration 0,4 mol, par suite de l'action osmotique de la solution de glucose elle-même. Par contre, les stomates fermés isolés présentent une nette augmentation dans l'eau et les solutions faibles jusqu'à une concentration de 0,25 mol dans laquelle il n'y a aucun changement de volume. Leur tension de succion est donc de 6,0 atm, c'est-à-dire à peine inférieure à celle des cellules épidermiques ordinaires.

Tout autre est le comportement des stomates fermés en place, qui est exactement l'inverse de celui des stomates fermés isolés. Ici les stomates subissent d'abord une forte compression par les cellules épidermiques, puis lorsque celle-ci devient nulle à partir de la concentration 0,28 mol, qui équilibre la tension de succion de l'épiderme, ils augmentent de volume. Enfin les cellules épidermiques en place augmentent notablement de volume dans l'eau et les solutions faibles de glucose. C'est à partir de 0,28 mol qu'on note une légère diminution qui se poursuit régulièrement dans les concentrations plus fortes.

On admet généralement que le fonctionnement de l'appareil stomatique dépend directement de la turgescence de ses cellules et que celle-ci est en rapport direct avec leurs valeurs osmotiques. On peut imaginer que si les cellules des stomates fermés ont une tension de succion égale à celle des cellules épidermiques, les cellules des stomates en voie d'ouverture ont une tension de succion supérieure à celle des cellules avoisinantes, ce qui leur permettrait de leur emprunter de l'eau ([2]). On doit cependant remarquer qu'il ne faut pas s'attendre à trouver de grandes différences entre les cellules stomatiques et épidermiques.

Cependant tous les auteurs ne sont pas de cet avis et M. Monzi ([3]) pense que la tension de succion des cellules stomatiques des stomates largement ouverts doit être nulle (p. 392). Les résultats de nos recherches paraissent en faveur de cette dernière supposition. Néanmoins il est difficile d'admettre une différence de tension de succion de 6,6 atm entre les cellules des stomates largement ouverts et les cellules épidermiques. Pensant tout d'abord qu'il pourrait s'agir d'une simple contraction par stimulation des cellules stomatiques dans l'eau, après l'huile de paraffine, nous avons refait un certain nombre de mesures dans une micro-chambre humide sans faire agir directement les solutions sur les cellules stomatiques. Mais les résultats ont été sensiblement les mêmes.

([2]) W. T. Williams, *Journal of exper. Bot.*, 1, 1950, p. 126 et suiv.

([3]) *Japanese Jour. of Botany*, 9, n° 4, 1939, p. 373-394.

PHYSIOLOGIE. — *Musculature extrinsèque du globe oculaire, muscles cervicaux et équilibre chez les Souris.* Note (*) de M. **Jean Baron**, par M. Pierre-P. Grassé.

Chez les Souris valseuses, l'énucléation uni- ou bilatérale, associée à la correction de la déviation du cou provoque la disparition des mouvements de valse. Ce résultat peut être reproduit sur des souris présentant une déviation conjuguée ou opposée de la tête et des yeux, après une résection unilatérale des muscles du cou, associée à une ténotomie.

Au cours de précédentes Notes [1] j'ai démontré les rapports existant entre l'équilibre, la musculature extrinsèque du globe oculaire, les canaux semi-circulaires, les mouvements des nageoires chez les poissons.

De nouvelles expériences pratiquées chez les Souris m'amènent à envisager les rapports existant entre les muscles moteurs oculaires et les muscles cervicaux.

Les expériences ont porté sur 70 souris qui ont été réparties en deux groupes [2].

Groupe A. — Il comprenait 10 souris héréditairement valseuses qui ont été divisées en deux lots; un lot de souris aveuglées uni- ou bilatéralement et un lot de souris énuclées uni- ou bilatéralement.

Groupe B. — Il comprenait 60 souris qui ont été réparties en trois lots. Le premier lot était formé de souris ayant subi une résection unilatérale des masses musculaires postérieures cervicales. Le second lot comprenait des souris préparées de la même façon mais ayant subi, en outre, une ténotomie des muscles oculaires synergiques du même côté que la résection des muscles cervicaux, de manière à obtenir une déviation conjuguée de la tête et des yeux. Le troisième lot comprenait des souris qui avaient subi une résection unilatérale des masses musculaires cervicales postérieures à laquelle on avait ajouté une ténotomie des muscles moteurs oculaires synergiques du côté opposé à la résection des muscles cervicaux de manière à obtenir une déviation opposée de la tête et des yeux.

Un tiers du lot B avait une vision normale, un tiers avait été aveuglées uni- ou bilatéralement, un tiers avait été énuclées uni- ou bilatéralement.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Dans le groupe A, les souris aveuglées ne présentent aucun changement de comportement et continuent de valser. Les souris énuclées se comportent

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2231-2233 et **231**, 1950, p. 1087 et **232**, 1951, p. 354.

(2) Ces expériences ont été réalisées au département d'O. R. L. et de zoologie de l'Université de Colombia, U. S. A.

de deux manières : où le mouvement de valse s'arrête ou il est augmenté. Dans le premier cas, les souris s'arrêtent de valser si la tête qui était déviée se redresse et se place dans l'axe longitudinal du corps ainsi que la queue de manière à obtenir une colonne vertébrale non déviée.

Dans le second cas, le mouvement de valse est augmenté irréversiblement et instantanément si la tête est déviée par rapport à l'axe longitudinal du corps. Le sens de rotation de la valse est déterminé par le sens de la déviation du cou, il existe une incurvation de la colonne vertébrale et de la queue. Dans ce dernier cas si l'on pratique une résection des muscles cervicaux corrigeant la déviation du cou, les souris s'arrêtent de valser comme dans la première expérience, dès que la tête s'est redressée et s'est placée dans l'axe antéropostérieur du corps.

Dans le groupe B, les souris du premier lot, qu'elles soient à vision normale ou aveuglées, présentent deux sortes de réponses : ou bien les souris deviennent valseuses ou bien elles marchent droit. *a.* Dans le premier cas, il existe une déviation conjuguée de la tête et des yeux, se traduisant par une incurvation de la colonne vertébrale du côté de l'axe de rotation. *b.* Dans le deuxième cas, il existe une déviation opposée de la tête et des yeux se traduisant par deux courbures compensées de la colonne vertébrale. Les souris énucléées unilatéralement dans le premier cas tournent, les autres marchent droit. Les souris énucléées bilatéralement tournent immédiatement et irréversiblement dans les deux cas.

Les souris du deuxième lot à vision normale, aveuglées ou énucléées uni- ou bilatéralement où une déviation de la tête et du cou avait été réalisée, présentent des mouvements de valse.

Les souris du troisième lot à vision normale ou aveuglées ou énucléées unilatéralement marchent droit, les énucléées bilatéralement se mettent à tourner.

Des expériences qui précèdent, il résulte que le sens de l'équilibre est fonction de l'interaction du tonus des muscles moteurs oculaires et des muscles cervicaux qui leur sont antagonistes.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le sexe des Crapauds obtenus par gynogenèse.* Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

La question de la sexualité du Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*) est loin d'être éclaircie : malgré les beaux travaux de K. Ponse, nous ignorons encore si l'hétérogamétie appartient au mâle ou à la femelle. On sait que, de l'union de deux mâles génétiques, naissent exclusivement des mâles, ce qui parle fortement en faveur de l'homogamétie masculine ; néanmoins, K. Ponse hésite à tirer pareille conclusion de ses résultats qui, pense-t-elle,

pourraient s'expliquer en admettant que, dans les ovules de mâles, la réduction chromatique subit certaines perturbations (1).

Ayant pu mener jusqu'à un âge assez avancé un bon nombre de Crapauds d'origine gynogénétique (2), nous avons pensé que l'étude du sexe de ces animaux (à chromosomes purement maternels) pourrait aider à la solution du problème.

Dans le cas de l'homogamétie féminine (femelle XX), tous les produits de gynogenèse doivent évidemment être du sexe femelle. Dans le cas de l'hétérogamétie féminine (femelle WZ), il n'en sera pas de même et le sexe du produit dépendra du type de la première division de maturation en ce qui concerne les chromosomes sexuels ou les segments différentiels de ces chromosomes.

Si cette première division est *équationnelle*, elle laisse, dans l'ovule, un chromosome W et un chromosome Z; la rétention du second globule polaire (provoquée par le refroidissement de l'ovule) aboutit à la formation d'ovules WZ, c'est-à-dire producteurs de femelles. Si, au contraire, la première division est *réductionnelle*, elle laisse, dans l'ovule, ou un chromosome W ou un chromosome Z; la rétention du second globule polaire aboutit à la formation, en nombre égal, d'ovules ZZ et d'ovules WW, c'est-à-dire d'ovules producteurs de mâles et d'ovules producteurs de femelles (en admettant que la combinaison WW soit viable, comme elle l'est chez l'Amblystome).

La probabilité est pour qu'une première division de type réductionnel se produise dans une certaine quantité des ovules (3). Supposons, par exemple, qu'elle soit de ce type dans 40 % des ovules : il se formera, par là, 20 % d'ovules ZZ (producteurs de mâles) et 20 % d'ovules WW (producteurs de femelles ?), tandis que les 60 % d'ovules à première division équationnelle seront des ovules WZ (producteurs de femelles).

En résumé, si la femelle du Crapaud est homogamétique (XX), tous les produits de gynogenèse doivent être femelles; si elle est hétérogamétique (WZ), ils doivent comprendre une certaine quantité de mâles, quantité qui dépendra de la proportion des ovules ayant subi une première division réductionnelle de maturation.

Or, je n'ai obtenu, jusqu'à présent, dans mes élevages de Crapauds gynogénétiques, *que des sujets femelles*, au nombre de 24.

---

(1) *Arch. d'Anat. microscopique et de morph. expérimentale*, 39, 1950, p. 183.

(2) La gynogenèse est obtenue par la méthode que nous avons indiquée antérieurement (fécondation par le sperme de *Rana temporaria* soumise aux rayons ultraviolets, traitement des œufs par le froid pour provoquer la diploïdie). *Voir* J. Rostand, *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 563.

(3) *Voir* G. Fankhauser et R. R. Humphrey, *J. exper. Zool.*, 115, 1950, p. 207.

L'examen a porté, en 1950, sur 9 animaux âgés de 15 à 18 mois (depuis l'œuf) et, en 1951, sur 15 animaux, âgés de 11 mois. Ces derniers provenaient de pontes précoces, effectuées au début de février par des Crapauds du Finistère.

Tous ces petits Crapauds, qui avaient été abondamment nourris avec des Drosophiles à ailes vestigiales, mesuraient entre 2,2 et 2,5 cm; ils étaient en excellent état quand ils furent sacrifiés et le type sexuel des gonades se révélait d'emblée à l'aspect macroscopique.

Ces premiers résultats sont donc en faveur de l'homogamétie féminine chez les Crapauds. Nous nous proposons de les étendre largement et aussi de les compléter par l'étude de la sexualité chez les produits de gynogenèse issus des ovules de mâles génétiques.

Indépendamment de la question de la sexualité, c'est la première fois qu'on obtient, en nombre assez élevé, des Crapauds gynogénétiques âgés de 11 à 18 mois.

BIOLOGIE. — *Étude expérimentale et mathématique des variations de la longueur de la crête du Coq domestique*. Note de MM. **Charles-M. Gros** et **F.-X. Walter**, présentée par M. Robert Courrier.

Hypothèses : 1° A l'instant t, la variation de la longueur y de la crête (d'inertie m) est soumise à deux forces qui s'opposent à cette variation : une force de rappel proportionnelle à l'élongation $(q\,y)$ et une force d'amortissement proportionnelle à la vitesse $[p\,(dy)/(dt)$, donc :

$$(1)\qquad m\frac{d^2y}{dt^2}+p\frac{dy}{dt}+qy=0;$$

2° Ces constantes m, p et q sont liées par la relation

$$(2)\qquad p^2-4mq=0,$$

le système biologique étant dans les conditions de l'amortissement critique. Posons $t=\tau\sqrt{m/q}$: l'équation du mouvement est l'équation différentielle réduite, dont les coefficients ne contiennent plus les paramètres :

$$(3)\qquad \frac{d^2y}{d\tau^2}+2\frac{dy}{d\tau}+y=0.$$

Solutions intégrales : $y=[A\tau+B]\,e^{-\tau}$.

A et B sont deux constantes, déterminées en général par les conditions initiales des expériences qui peuvent être de types divers : involution après castration, conditionnement par inunction de testotérone chez le castrat, régression après mise en plateau par des inunctions répétées d'hormone testiculaire, etc. L'unité de temps réduit τ peut être définie : intervalle de temps qui sépare l'instant 0

où la vitesse d'élongation est nulle [$y' = 0$, $\theta = (A - B)/A$] de l'instant où la vitesse est extremum [$y'' = 0$, $\sigma = 1 + \theta$]. *Involution de la crête* : Au moment où nous étudions cette régression, la vitesse à l'origine peut être nulle ou négative ($\omega_0 \leq 0$). 1° A l'origine la vitesse est nulle; l'ordonnée y_0 (l'élongation par rapport à l'état régressé de la crête, ou potentiel sexuel de Pézard) est prise comme unité. La solution

$$(5) \qquad Y = [1 + \tau] e^{-\tau}$$

est l'équation intégrale réduite ou équation de P. Curie. Y est la longueur réduite de la crête à l'instant τ ($\theta = 0$, $\sigma = 1$).

Premier exemple. — Involution de la crête après castration chez certains Coqs dont la crête est stabilisée; la suppression de la sécrétion testiculaire étant le seul facteur nouveau.

Courbes réelles

$$(6) \qquad y = y_0\left[1 + \frac{t}{\sigma}\right] e^{-\frac{t}{\sigma}}.$$

y, y_0 évalués en mm, t, σ en jours.

Valeurs expérimentales (E) *et valeurs calculées* (C) *de la longueur totale des crêtes.*

t........	0.	7.	14.	21.	28.	35.	42.
E.........	88	78	69	63	61	59	58
C.........	88	79,5	69,5	63,1	59,7	58,2	57,5

Coq n° 1, castré le 26 février 1914 : $\omega_0 = 0$, $\sigma = 7$ jours, $y_0 = 31$ mm; crête inconditionnée = 57 mm (Pézard).

t........	0.	7.	14.	23.	30.	43.	63.
E.........	125	114	102,5	89	78	69	62,5
C.........	124	117	104	89	79	69	63

Coq L 6, race Leghorn Blanc, castré le 1er juin 1948 à l'âge de 16 mois : $\omega_0 = 0$, $\sigma = 12$ jours, $y_0 = 63,5$; crête inconditionnée = 61,5 mm (Gros et Walter).

Évidemment ces deux résultats peuvent être portés sur la même courbe réduite $Y = (1 + \tau) e^{-\tau}$ en faisant le changement de variables signalé plus haut.

2° A l'origine, la vitesse est négative, $t = 0$, $\omega_0 < 0$,

$$y = [y_0 - (\omega_0 + y_0)\tau] e^{-\tau}, \qquad \theta = \frac{\omega_0}{\omega_0 + y_0}, \qquad \sigma = 1 + \theta;$$

le maximum théorique de la courbe $y_m = (\omega_0 + y_0) e^{-\theta}$.

Deuxième exemple. — y évalué en mm, t et τ en jours.

Valeurs expérimentales (E) *et valeurs calculées* (*C*) *des longueurs totales des crêtes.*

t	0.	7.	14.	21.	28.	35.	42.	56.	71.
E	110	101	94	85	80	74	66	64	60
C	110	102	94	85	79	73	69	64	60

Coq n° 3 (Pézard), castré le 20 mars 1912 : $\omega_0 = 1,19$, $\sigma = 16$ jours, $y_0 = 52$; crête inconditionnée = 58 mm.

t	0.	7.	14.	21.	28.	35.	42.	49.	56.	63.	70.
E	94	86,5	78,5	70.5	64	60,5	57,5	56	54,5	53	52
C	94	86,5	78,5	71	64,5	60	56,5	54,5	53,5	52	51,5

Coq D 83, castré au temps zéro à l'âge de 4 mois : $\omega_0 = 0,3$, $\sigma = 12$ jours, $y_0 = 43$; crête inconditionnée = 51 mm (Benoit).

Courbe réduite $Y = y/y_m = [1 + \tau - \theta]\,e^{-(\tau-\theta)}$ de même type que (5).

Conclusion. — La crête du Coq, dans son involution après castration, obéit à l'*équation réduite de l'amortissement critique;* celle-ci introduit donc en biologie un exemple de la notion des états correspondants, signalés par P. Curie en mécanique et électricité; en thermodynamique par Van der Wals.

BIOLOGIE. — *Nécessité de l'acide ascorbique pour l'acclimatation du Singe* (*Rhesus*) *au froid*. Note de MM. **Louis-Paul Dugal** et **Guy Fortier**, présentée par M. Robert Courrier.

Dugal et Thérien ([1]), ([2]) ont montré que chez les petits mammifères, tels le Rat blanc et le Cobaye, l'acide ascorbique joue un rôle capital dans la lutte contre le froid. Cette vitamine, en effet, administrée à fortes doses, accélère l'acclimatation et augmente la résistance de ces petits animaux aux basses températures, les degrés d'acclimatation et de résistance étant basés respectivement sur les courbes de croissance et le pourcentage de survie.

Notre but, en entreprenant le présent travail chez le Singe (*Mac acus rhesus*), était d'abord d'obtenir la confirmation, cette fois chez un mammifère de taille beaucoup plus grande, du rôle essentiel de l'acide ascorbique dans les phénomènes d'adaptation au froid. Nous voulions aussi trouver d'autres critères plus quantitatifs et surtout plus universels, susceptibles de nous permettre de juger objectivement du *fait* et du *degré* d'acclimatation au froid, *même*

([1]) *Can. J. Research*, 25, 1947, p. 111.
([2]) *Proc. Can. Physiol. Soc.*, 12 th meeting, 1947.

chez des sujets adultes, sans avoir pour cela à sacrifier nos animaux. De tels critères, on le conçoit bien, nous permettraient plus tard d'étudier le même phénomène chez l'Homme.

Nous avons donc procédé de la façon suivante : nous avons mesuré, à l'aide de couples thermoélectriques les chutes de température rectale et intramusculaire chez des singes à jeun et immobiles, exposés 2 h durant à une température de — 20° C; les singes observés dans ces conditions provenaient de trois groupes différents, traités ainsi :

1° ceux du groupe I, au nombre de onze, étaient constamment gardés à température normale (20° C) et nourris à la moulée commerciale Purina « Dog-Chow »; de plus, ils recevaient 25 mg par jour, par voie buccale, d'acide ascorbique, quantité bien suffisante dans les conditions ordinaires;

2° ceux du groupe II, huit en tout, recevaient exactement le même régime que le groupe précédent et la même quantité quotidienne de vitamine C, mais étaient gardés dans une chambre froide à + 10° C pendant au moins six mois, avant d'être soumis aux expositions à — 20° C;

3° enfin, les cinq singes du groupe III étaient aussi gardés à la même température froide modérée que le groupe II et dans les mêmes conditions, mais recevaient chaque jour 325 mg d'acide ascorbique.

Les individus de ces trois groupes étaient tous des adultes, de sexe mâle; nous les avons tous soumis, au moins deux individus de groupe différent à la fois, plusieurs fois chacun, mais jamais plus d'une fois par semaine à une température de — 20° C pendant 2 h.

Non contents de comparer les résultats obtenus chez les groupes traités différemment, nous avons en plus varié les traitements chez cinq individus exposés au froid modéré de + 10° C : à trois d'entre eux, nous avons donné pendant six mois le traitement du groupe III, c'est-à-dire 325 mg d'acide ascorbique par jour, et aux deux autres, pendant le même temps, 25 mg, c'est-à-dire le traitement du groupe II; nous avons à ce moment fait une série d'expériences à — 20° C sur chacun des cinq individus; puis nous avons interverti les traitements, pendant trois mois, donnant aux trois premiers individus le traitement du groupe II, et aux deux derniers, ceux du groupe III et nous avons alors entrepris une nouvelle série d'expériences à — 20° C sur les mêmes individus. Cette façon de procéder nous a donc permis de comparer la résistance à — 20° C de cinq individus gardés constamment à + 10° C et recevant 25 mg par jour d'acide ascorbique, à celle des mêmes cinq individus gardés à la même température et recevant 325 mg par jour de la même substance. Dans trois des cinq cas, la forte dose d'acide ascorbique a précédé la faible dose, et dans les deux autres, ce fut l'inverse.

Nos résultats indiquent clairement que les singes pré-exposés à un froid modéré de 10° C et recevant 25 mg par jour d'acide ascorbique, ne résistent

pas mieux à un froid intense de — 20° C que les témoins gardés à température normale. Ce résultat est contraire à ce qui a été trouvé chez les petits mammifères capables de faire la synthèse de l'acide ascorbique, v.g. chez le Rat (³).

Par contre, les singes pré-exposés pendant la même période au même froid modéré, mais recevant 325 mg par jour d'acide ascorbique ont une résistance bien meilleure que les deux autres groupes lorsqu'ils sont soumis dans les mêmes conditions au même froid intense. Tous ces résultats, basés sur des comparaisons faites entre les divers groupes, ou sur les mêmes individus traités différemment, sont tous statistiquement hautement significatifs.

D'autres essais se font actuellement pour voir l'effet de fortes doses d'acide ascorbique sur la résistance à — 20° C de singes gardés à température normale. Les quelques essais faits jusqu'ici ne semblent pas montrer d'effet favorable de la vitamine C dans ces conditions.

Conclusions. — 1° Chez le Singe, une longue exposition à un froid modéré n'augmente pas la résistance à un froid intense, si cet animal ne reçoit que 25 mg par jour d'acide ascorbique, dose pourtant plus que suffisante dans les conditions normales.

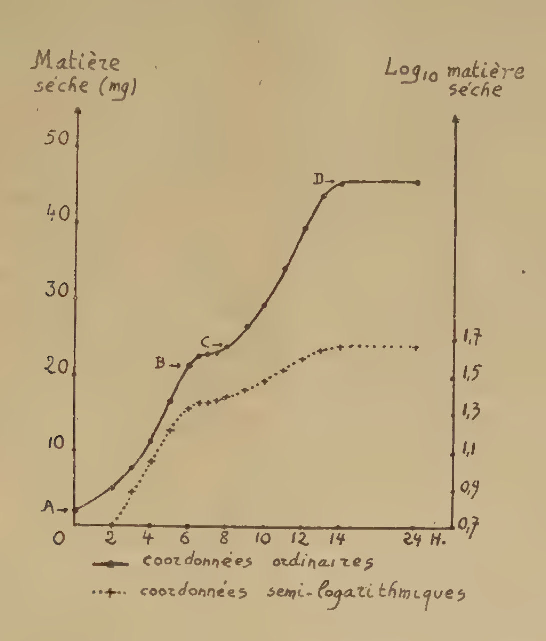
2° Cependant, chez le même animal gardé dans les mêmes conditions de température, un apport quotidien de 253 mg d'acide ascorbique favorise nettement l'acclimatation et la résistance au froid.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La production d'alcool et le rendement de croissance de la levure de boulangerie cultivée en aérobiose*. Note de MM. **Jean-Paul Aubert**, **Maurice Lemoigne** et Mlle **Jacqueline Millet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La production d'alcool par la levure, en relation ou non avec la quantité de levure formée, a été, depuis Pasteur, à l'origine de nombreux travaux. Des contradicteurs de la théorie pastorienne ont affirmé naguère que l'oxygène n'empêche pas l'accumulation de l'alcool au cours de la croissance, mais on a réussi par la suite à éviter cette accumulation et les recherches d'enzymologie ont conclu à l'inhibition de la fermentation par l'oxygène. Toutes ces études, malgré leur valeur, ne sont cependant pas exemptes de critiques : avec les levures proliférantes les expériences sont le plus souvent peu précises, avec les levures non proliférantes et les extraits enzymatiques, le choix d'une méthode qui simplifie le phénomène, restreint par là-même la portée des conclusions.

(³) F.-A. Sellers et S.-S. You, *Proc. Can. Physiol. Soc. Rev. Can. Biol.*, 10, 1951, p. 86.

Cette question a été reprise avec des levures proliférantes en travaillant d'une manière aussi rigoureuse que possible. La levure employée est une souche de *Saccharomyces cerevisiæ* [1], le milieu chimiquement défini (pH 6,0) est réparti à raison de 50 ml dans des fioles coniques de 1 l constamment agitées à 30°. Aucun facteur autre que l'épuisement du substrat carboné ne modifie l'allure exponentielle de la croissance.



RÉSULTATS. — 1° *Expérience de base.* — La figure représente une croissance totale lorsque la concentration initiale en glucose est environ de 0,2 %.

Cette courbe de diauxie comprend plusieurs parties.

La branche AB représente la croissance sur glucose, le taux de croissance (nombre de divisions par heure) (μ) est 0,55, le rendement apparent (matière sèche formée/glucose consommé) (R) est constant et égal à 0,17; il se forme de l'alcool qui s'accumule et la quantité de glucose transformée en alcool représente les 3/4 de la quantité totale métabolisée. En B il n'y a plus de glucose et la branche BC marque un ralentissement, voire un arrêt de la croissance.

La branche CD représente la croissance sur alcool ($\mu = 0{,}20$), le rendement sur alcool déterminé d'autre part étant environ de 0,40, R augmente régulièrement et atteint en D la valeur 0,37, alors que tout l'alcool est consommé.

---

[1] Souche « Boulangerie II » (diploïde) provenant du laboratoire du Docteur Ephrussi.

2° *Influence de la concentration initiale en glucose* (c). — L'augmentation de c n'influe pas sur le résultat des analyses, mais son abaissement détermine une diminution de μ, rapproche le palier de la courbe du sommet et R augmente. Pour $c = 0{,}02$ %, la diauxie disparaît, il n'y a plus formation d'alcool, $\mu = 0{,}30$ et $R = 0{,}56$.

3° *Influence de l'aération.* — Sans modifier le reste du dispositif expérimental, l'aération est augmentée par barbotage d'oxygène. La variation du débit de 1 l à 50 ml : mn n'influe pas sur les résultats : sur la branche AB de la courbe, μ est plus faible que dans l'air (0,3), $R = 0{,}19$ et 40 % seulement du sucre métabolisé sont transformés en alcool. La diminution de l'intensité de la fermentation est accompagnée d'une augmentation de l'intensité des échanges respiratoires. En cultivant les levures dans des cupules de Warburg, on trouve que pour former 1 mg de levure sèche, il faut dans l'air 500 μl d'oxygène et dans l'oxygène 1100 μl.

Conclusion. — L'effet Pasteur n'est pas un phénomène de tout ou rien, puisque dans des conditions d'aération relativement intense, surtout pour des cultures d'aussi faible densité, la formation d'alcool est extrêmement élevée. La constance du rendement sur la branche AB de la courbe implique que cette formation est quantitativement liée à la synthèse de la matière vivante.

S'il est facile de supprimer la fermentation aérobie en abaissant la concentration en glucose, il est pratiquement impossible de le faire en augmentant l'aération quand cette concentration est élevée. La levure présente donc un déséquilibre entre la glycolyse et la synthèse qui se traduit par une forte accumulation d'alcool dans les conditions d'aération les plus favorables à la croissance, ou par une augmentation de l'intensité des échanges respiratoires quand un excès d'oxygène freine à la fois la fermentation et la croissance.

La notion de rendement n'a pas ici une signification simple. Dans la présente Note, l'analyse de cette notion ne pourra pas être poussée très loin et nous remarquerons seulement que dans les conditions de l'expérience de base le rendement global (0,37) est la résultante du rendement apparent sur glucose (branche AB de la courbe) (0,17) et du rendement sur alcool (0,40). Pour une même concentration en glucose, l'augmentation de l'aération par insuflation d'oxygène n'influe pas sur le rendement apparent, et diminue le rendement global, par suite de la plus faible formation d'alcool. Le seul moyen trouvé dans nos expériences d'augmenter les deux rendements est de diminuer la concentration initiale en glucose.

Signalons enfin que l'utilisation de l'alcool comme aliment peut être à l'origine de fausses interprétations relatives au rendement et à l'influence de l'aération si les analyses ne sont pas suffisamment rapprochées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'époxyde de vitamine* A_1.
Note de M. **René Mallein**, présentée par M. Maurice Javillier.

Cet époxyde a été préparé par réduction de l'époxyde de rétinène$_1$ déjà obtenu par Meunier, Mallein et Jouanneteau (1). La forme furannoïde de cet époxyde obtenue par action de HCl concentré présente exactement les propriétés spectrales de l'hépaxanthine de Karrer. Ce corps possède environ le 25e de l'activité de la vitamine A elle-même.

La préparation et l'identification de l'époxyde-5.6 du rétinène$_1$ (1), (2) nous a conduit à envisager le problème de la structure de l'époxyde de vitamine A_1.

En effet, Karrer et Jucker (3), (4), par oxydation perphtalique de l'axérophtol, avaient obtenu un époxyde de vitamine A_1 identique à l'hépaxanthine, caroténoïde retiré par eux d'huile de foie de poissons. Ce corps présentait dans l'ultraviolet un maximum d'absorption à 275 mμ et, dans $SbCl_3$ en solution chloroformique, une coloration violette à un maximum 570-500 mμ faisant place en une minute environ à une coloration bleue à maximum 620 mμ.

Mais la structure de l'époxyde de vitamine A de Karrer était incertaine. Selon Milas (5), le maximum à 275 mμ serait un peu bas et devrait se trouver à 285-290 mμ du fait de la présence de quatre doubles liaisons dans la molécule, Swern (6) ayant montré que l'acide perphtalique attaque les doubles liaisons bitertiaires à une plus grande vitesse que n'importe quel autre type de double liaison, ce qui fixerait le pont époxydique au noyau β-ionone. La réduction de l'époxyde-5.6 du rétinène$_1$ par l'hydrure d'Al et de Li en solution dans l'éther (7) nous a conduit à un corps absorbant à 285 mμ dans $CHCl_3$ et fournissant avec $SbCl_3$ une coloration violette virant *instantanément* au bleu avec une bande unique à 620 mμ.

Nous considérons ce corps comme le véritable époxyde de la vitamine A_1

---

(1) P. Meunier, R. Mallein et J. Jouanneteau, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 965-969.

(2) P. Meunier, R. Mallein, J. Jouanneteau et G. Zwingelstein, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 306-311.

(3) *Helv. Chim. Acta*, 28, 1945, p. 717.

(4) *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 559.

(5) *Vitamins and Hormons*, 1948, p. 15.

(6) *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1692 [cité par Milas (5)].

(7) *Contribution à l'étude des époxydes de rétinène$_1$ et de vitamine* A_1 (*Thèse Doctorat ès Sciences*, Lyon, 1951).

et lui assignons la formule suivante :

H_3C CH_3 CHO O CH_3 CH_3 CH_3 → H_3C CH_3 CH_2OH O CH_3 CH_3 CH_3

Époxyde-5.6 du rétinène$_1$
345 mμ dans $CHCl_3$
560 mμ dans $SbCl_3$

Epoxyde de vitamine A_1
285 mμ dans $CHCl_3$
620 mμ dans $SbCl_3$

Cependant Karrer [8] avait montré la grande aisance avec laquelle les époxydes de caroténoïdes en C_{40} se transforment en leur isomère furannique sous l'action d'HCl, sans toutefois envisager cette possibilité pour ses préparations d'époxyde de vitamine A, en C_{20}. Nous avons pu réaliser le passage de l'époxyde de vitamine A_1 en son isomère furannique [7] en traitant l'époxyde de vitamine A_1 en solution chloroformique par quelques gouttes de ClH concentré. Après 3 mn environ, on constate un déplacement spectral de 285 → 275 mμ. La réaction du $SbCl_3$ fournit alors une coloration violette stable avec un maximum à 575 mμ. C'est l'isomère furannique de l'époxyde **de vitamine A_1 qui répond à la formule suivante :**

275 mμ dans $CHCl_3$ }
525 mμ dans $SbCl_3$ }

=CH
CH—C=CH—CH=CH—C=CH—CH_2OH
O CH_3 CH_3

L'identité de l'absorption à 275 mμ de ce corps et de l'époxy-vitamine A ou hépaxanthine de Karrer nous fait attribuer à ce dernier la structure de l'isomère furannique de l'époxyde de vitamine A_1. Le fait que Karrer ait trouvé dans $SbCl_3$ en solution chloroformique un maximum à 575-580 mμ puis à 620 mμ après une minute semble montrer la présence simultanée de l'époxyde de vitamine A_1 et de son isomère furannique dans les préparations obtenues.

L'époxyde de vitamine A_1 administré au Rat blanc carencé présente une activité vitaminique 20 à 25 fois plus faible que celle de la vitamine A_1 elle-même [7]. Ce corps perd son oxygène dans l'organisme du Rat et est stocké par le foie à l'état de vitamine A_1 comme l'époxyde de rétinène lui-même [9].

(8) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **28**, 1946, p. 695.

(9) P. Meunier et R. Ferrando, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **31**, 1949, p. 227-230.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le mécanisme de l'oxydation de l'acide L-ascorbique*. Note de MM. **Étienne Géro** et **Pierre Le Gallic**, présentée par M. Maurice Javillier.

La cinétique de l'oxydation de l'acide L-ascorbique catalysée par les ions Cu^{++}, est celle d'une réaction monomoléculaire. Une seule molécule d'acide ascorbique réagit avec un seul ion Cu^{++}. L'oxydation comporte donc deux étapes, chacune correspondant au départ d'un H. Le comportement des solutions partiellement oxydées vis-à-vis de l'indophénol et du bleu de méthylène permet de conclure qu'il y a formation d'un composé intermédiaire.

L'action catalytique des traces d'ions Cu^{++} sur l'oxydation de l'acide ascorbique est bien connue depuis les premiers travaux sur cette vitamine. Nous avons étudié la cinétique de cette réaction sur des solutions aqueuses à pH 7, renfermant M/4000 d'acide L-ascorbique et abandonnées à l'air (à $19° \pm 0°10$ C), en titrant vis-à-vis du 2,6 dichlorophénol-indophénol, le pouvoir réducteur de ces solutions. Nos résultats satisfont à la loi des réactions monomoléculaires (*voir le tableau*). La constante cinétique E est exprimée par la relation : $E = 2{,}30\,(1/t.Cu^{++})\log_{10}(x_0/x) = \text{const.}$, où t est le temps en minutes, où Cu est la concentration molaire en ions Cu^{++}, où x_0 et x représentent les pouvoirs réducteurs vis-à-vis de l'indophénol aux temps t_0 et t, exprimés en mol d'acide ascorbique. La relation E n'est bien vérifiée que si, par un barbotage d'air, l'on maintient la concentration de l'oxygène dissous à un niveau voisin de la saturation.

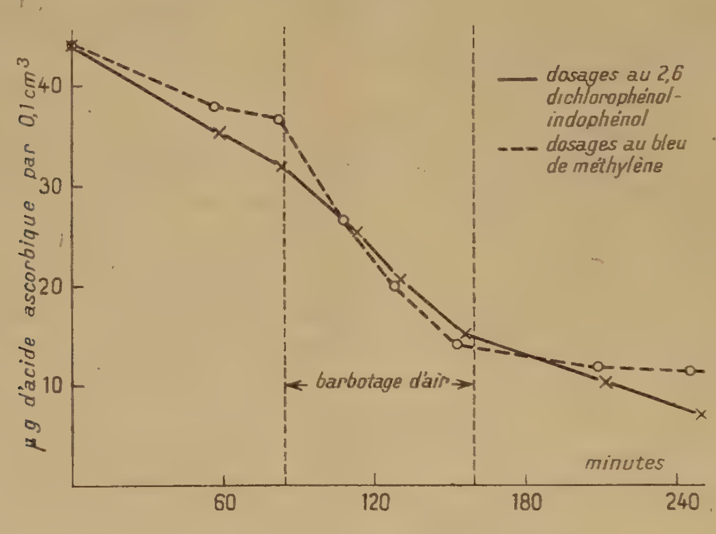
$Cu = 0{,}292.10^{-6}$ m.			$Cu = 0{,}488.10^{-6}$ m.			$Cu = 0{,}788.10^{-6}$ m.		
t(mn).	$\log_{10}\frac{x_0}{x}$.	$E.10^{-3}$.	t(mn).	$\log_{10}\frac{x_0}{x}$.	$E.10^{-3}$.	t(mn).	$\log_{10}\frac{x_0}{x}$.	$E.10^{-3}$.
6.....	0,059	77,4	5,1...	0,082	77,3	1,25...	0,033	76,7
11.....	0,111	78,7	10,1...	0,163	76,8	2......	0,054	78,5
14,5...	0,144	78,7	15.....	0,240	75,2	6......	0,157	75,9
20.....	0,194	76,4						

Ces résultats expérimentaux, qui sont en accord avec les données publiées par A. O. Dekker et R. C. Dickinson (1), montrent que l'oxydation met en jeu une molécule d'acide pour un ion Cu^{++}; nous avons nécessairement une réaction du type : 1 acide ascorbique (AH_2) + 1 $Cu^{++} \rightarrow$ produit oxydé + Cu^{+} (réaction I). E. S. Barron, R. H. de Meio et F. Klemperer (2) ont montré que le produit final de cette oxydation réversible est l'acide déhydroascorbique (D) qui contient 2 H de moins que l'acide ascorbique, fait d'accord avec la consommation d'oxygène. Le produit oxydé (AH) qui figure dans cette réaction I

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2165.
(2) *J. Biol. Chem.*, 112, 1936, p. 625.

contient seulement un H de moins que la vitamine C; par suite, l'oxydation complète de l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique se fait en deux étapes, la première étape conduisant à un radical libre.

En 1936, N. Bezssonoff et M. Woloszyn ([3]), ont, les premiers, supposé l'existence d'une forme demi-oxydée de l'acide ascorbique. En 1938, A. Giroud et E. Géro ([4]) ont constaté que les solutions d'acide L-ascorbique partiellement oxydées par l'air en présence d'ions Cu^{++}, renferment des corps X qui, à



Évolution d'une solution d'acide L-ascorbique
0,25 M × 10^{-2} à pH 7.

l'inverse de l'acide ascorbique, n'ont pas le même pouvoir réducteur vis-à-vis du 2-6 dichlorophénol-indophénol et du bleu de méthylène suivant Martini et Bonsignore ([5]). Nous avons répété cette expérience sur une solution aqueuse d'acide L-ascorbique M/400 à pH 7. Au début, l'air ne barbote pas dans la solution, et le pouvoir réducteur vis-à-vis du bleu de méthylène décroît plus vite que le pouvoir réducteur vis-à-vis de l'indophénol. Au moment où l'écart des mesures est suffisamment net, l'air est admis à barboter, et les pouvoirs réducteurs redeviennent égaux. Si le barbotage est arrêté, ces pouvoirs réducteurs diffèrent de nouveau, comme le montre le graphique. *Ces corps X sont donc oxydables par l'air.*

Étant relativement stables, ces corps réducteurs X ne sont pas le radical AH, mais sont vraisemblablement des molécules de formule $(AH)_2$ . . . $(AH)_n$ ou bien les molécules dérivées de celles-ci.

([3]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 275.
([4]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 21, 1939, p. 1022.
([5]) *Biochem. Zeits.*, 273, 1934, p. 170.

Quant à l'agent de l'oxydation ultérieure du radical AH en acide déhydro-ascorbique (D), il est fort probable que c'est l'oxygène lui-même. En effet, le potentiel d'oxydo-réduction du système Cu^{++}/Cu^{+} est insuffisant à oxyder l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique dès que le pH s'abaisse au-dessous de 3,69, d'après les données de Ball [6] et de Wurmser [7].

Nous pouvons maintenant représenter l'ensemble de l'oxydation de l'acide ascorbique par les réactions suivantes :

(I) $AH_2 + Cu^{++} \rightarrow AH + Cu^{+} + H^{+}$,

(II) AH + oxygène dissous dans la solution $\rightarrow$ D.

Cette conception est en harmonie à la fois avec la cinétique de la réaction, la consommation d'oxygène et les potentiels d'oxydo-réduction des corps mis en présence.

L'oxydation de l'acide ascorbique catalysée par les ions Cu^{++} permet de doser, dans de l'eau, jusqu'à 0,1 micromol. d'ion Cu^{++}, soit 0,0063 µg de Cu par centimètre cube d'eau.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la thyroxine sur l'hypertrophie rénale compensatrice arrivée au terme de son évolution. Étude biochimique.* Note de M. **Paul Mandel**, Mme **Liba Mandel** et Mlle **Monique Jacob**, présentée par M. Maurice Javillier.

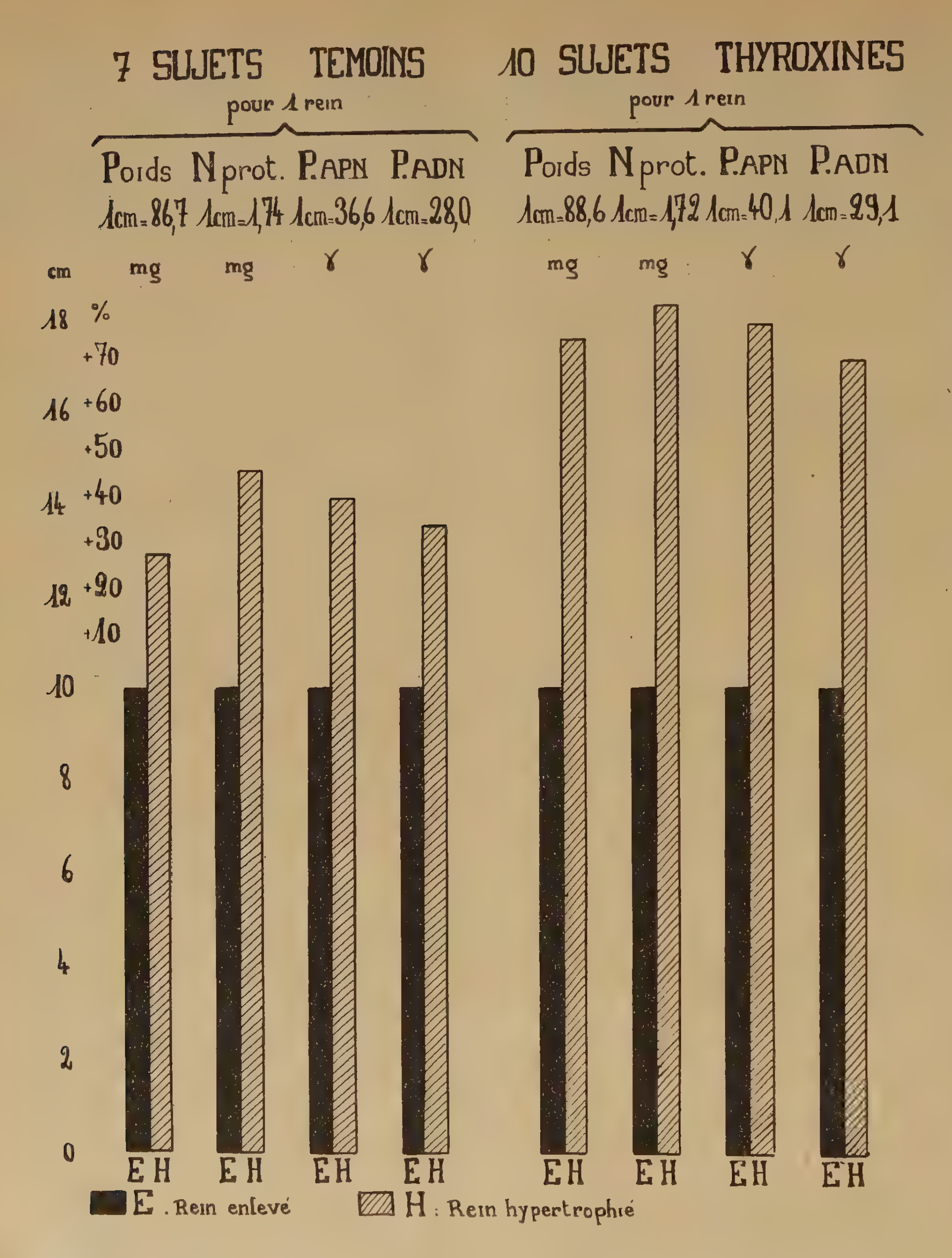
Dans le phénomène d'hypertrophie rénale compensatrice (H. R. C.) consécutive à une néphrectomie unilatérale, on peut distinguer, grâce à l'étude de l'évolution des acides nucléiques, un processus rapide d'accroissement cytoplasmique et un autre plus lent de multiplication nucléaire [1]. Il a été également démontré qu'au stade initial de l'H. R. C. ces deux processus sont notablement stimulés par l'administration de thyroxine [2]. Devant ces faits, il nous a paru intéressant de rechercher si la thyroxine accélère seulement la vitesse de l'évolution spontanée de l'H. R. C., ou si elle donne lieu à un accroissement cytoplasmique et nucléaire supérieur à celui observé normalement. Autrement dit la question se pose de savoir si l'administration de thyroxine entraîne un gain tissulaire réel. C'est là un problème qui intéresse à la fois le biochimiste, le physiologiste et le médecin.

Nos essais ont porté sur 17 rats appartenant à quatre lots homogènes. Dans chaque lot, les animaux étaient du même sexe et d'une même portée.

---

(6) *J. Biol. Chem.*, **118**, 1937, p. 219.
(7) *Oxydations et Réductions*, Paris, 1930, p. 238.

(1) P. Mandel, L. Mandel et M. Jacob, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 786.
(2) P. Mandel, L. Mandel et M. Jacob, *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 1548.



Les données concernant les reins enlevés sont représentées uniformément par des colonnes en noir de 100 mm de hauteur, celles des reins restant hypertrophiés en hachuré. On trouve au-dessus des colonnes l'échelle adoptée identique pour le rein enlevé et pour le rein hypertrophié permettant de retrouver les valeurs expérimentales. La comparaison de la hauteur des colonnes indique ainsi les différences en pour-cent. Les différences, d'ailleurs faibles, entre les échelles des témoins et des sujets thyroxinés tiennent à une légère inégalité du poids initial moyen des animaux (3 % environ) des deux lots.

Tous les animaux ont subi une néphrectomie unilatérale. Deux mois après l'opération, c'est-à-dire au moment où l'H. R. C. est à son terme (1), 2 à 3 sujets de chaque lot, soit au total 10 sujets, ont reçu des injections de thyroxine à raison de 1 mg par jour durant 15 jours. Leurs frères et sœurs néphrectomisés ont servi de témoins de l'évolution normale de l'H. R. C. Tous les animaux ont été sacrifiés 75 jours après la néphrectomie. Comme dans nos recherches antérieures, dans lesquelles nous en avons donné les raisons (1), l'acide pentosenucléique (A. P. N.) et l'azote protéique nous ont servi de test de l'évolution de la masse cytoplasmique, l'acide désoxypentosenucléique (A. D. N.) de témoin de la multiplication de la masse nucléaire. Les techniques ont été celles employées antérieurement (1) et (2).

Les résultats de nos essais sont résumés dans le graphique ci-contre.

L'examen du tableau nous révèle que, sous l'effet de la thyroxine, l'accroissement de l'azote protéique, de l'A. P. N. et de l'A. D. N. au niveau du rein restant après la néphrectomie est respectivement de : + 80 %, + 100 %, + 70 %, contre + 50 %, + 38 % et + 35 % chez les témoins. Il s'agit donc d'un gain de 60 % en ce qui concerne l'A. P. N. représentant biochimique du cytoplasme et de 35 % de l'A. D. N. représentant de la masse nucléaire.

En résumé, l'administration de la thyroxine au cours de l'H. R. C. favorise effectivement les phénomènes d'hypertrophie et d'hyperplasie appréciés par l'étude des acides nucléiques. Il ne s'agit pas d'une accélération de l'évolution spontanée, mais d'un gain tissulaire réel de l'ordre de 100 % par rapport à l'hypertrophie rénale compensatrice normale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Données quantitatives sur la sécrétion d'acide formique par les fourmis.* Note de M. **Robert Stumper**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans la présente Note nous donnerons un aperçu d'ensemble sur les quantités absolues et relatives d'acide formique dosées dans les extraits aqueux des corps de 24 espèces de fourmis de la sous-famille des Camponotines. Nous en dégagerons ensuite les rapports éthologiques qui existent entre l'importance quantitative de cette sécrétion et le mode de combat de ces insectes. Le tableau suivant renseigne sur les poids moyens des fourmis-ouvrières examinées, les quantités absolues de HCOOH dosées par individu et les teneurs pour 100 de cet acide rapportées au poids de la fourmi. Les valeurs indiquées sont dans chaque cas des moyennes obtenues sur des nombres variables d'individus (entre 12 à 300). Pour certaines espèces, les déterminations ont été effectuées sur des fourmis provenant de plusieurs colonies différentes.

N°.	Espèce (ouvrière).	Provenance.	Poids moyen de l'ouvrière (mg).	Quantité d'acide formique par individu (mg).	Teneur % d'acide formique rapportée au poids de la fourmi (%).
1.	*Camponotus æthiops*..........	Tessin	12,1	0,12	1,0
2.	» »	Italie	15,6	0,15	1,0
3.	» *ligniperda*	Suisse	25,0	1,70	6,8
4.	» »	Luxembourg	43,8	3,14	7,2
5.	» *maculatus*.........	Tunisie	38,0	1,4	3,7
6.	» *thoracicus*.........	»	26,2	0,97	3,7
7.	*Cataglyphis bicolor*...........	»	18,1	0,70	3,9
8.	» »	»	15,5	0,40	2,6
9.	*Colobopsis truncata* (ouvrière)..	Suisse	2,02	0,051	2,5
–	» » (soldat)....	»	5,5	0,075	1,4
10.	*Formica rufa*. Nid 1...........	Luxembourg	10,0	1,3	13,0
11.	» » 2...........	»	11,0	2,0	18,0
12.	» » 3...........	»	12,0	1,70	14,3
13.	» » 4...........	»	13,8	1,99	14,5
14.	» » 5...........	»	14,6	1,89	13,1
15.	» » 6...........	»	14,8	2,47	16,7
16.	» » 7...........	»	15,4	2,99	19,4
17.	» » 8...........	»	15,7	2,60	16,6
18.	» » 9...........	»	16,2	2,72	16,8
19.	» » 10...........	»	18,5	3,63	19,6
20.	» » 11 (hiver !)...	»	20,1	2,24	11,1
21.	» » 12 (»)...	»	18,5	3,24	17,7
22.	» *rufo-pratensis*	»	14,4	2,06	14,3
23.	» *pratensis*. Nid 1........	»	15,4	1,44	9,4
24.	» » 2........	»	15,8	1,17	7,4
25.	» » 3........	»	12,6	1,0	7,9
26.	» » 4........	»	16,7	1,15	6,9
27.	*Formica pratensis*. Nid 5........	Luxembourg	13,8	2,06	14,3
28.	» » 6........	»	10,0	1,2	12,0
29.	» *truncicola*...........	»	11,0	0,42	3,8
30.	» »	»	12,8	0,65	5,1
31.	» *exsecta*...............	»	4,7	0,42	8,9
32.	» *pressilabris*...........	Suisse	5,4	0,30	5,6
33.	» *sanguines*.............	»	9,1	0,58	6,4
34.	» »	Luxembourg	9,5	0,35	3,7
35.	» *fusca*................	»	3,9	0,14	3,6
36.	» »	»	2,3	0,075	3,3
37.	» *glebaria*.............	»	5,4	0,12	2,2
38.	» *rufibarbis*............	»	6,0	0,17	2,8
39.	» »	»	8,0	0,28	3,5
40.	» *cinerea*...............	Suisse	2,7	0,10	3,7
41.	» *picea*................	Belgique	2,9	0,09	3,1

N°.	Espèce (ouvrière).	Provenance.	Poids moyen de l'ouvrière (mg).	Quantité d'acide formique par individu (mg).	Teneur % d'acide formique rapportée au poids de la fourmi (%).
42.	*Lasius alienus*	»	1,53	0,05	3,4
43.	» *niger*	Luxembourg	1,5	0,075	5,0
44.	» »	»	1,8	0,089	4,9
45.	» *flavus*	»	1,54	0,12	7,8
46.	» *fuliginosus*	»	2,73	0,06	2,2
47.	» »	Suisse	4,3	0,1	2,3
48.	*Plagiolepis pygmæa*	»	0,27	0,0045	1,7
49.	*Polyergus rufescens*	»	6,5	0,032	0,50

Si, en général, la sécrétion d'acide formique des femelles des fourmis est, en valeur absolue, identique ou plus abondante que celle des ouvrières, les teneurs relatives sont inférieures, car leur poids est un multiple de celui des ouvrières. Quant aux mâles, leur sécrétion d'acide formique est nulle et leur extrait aqueux accuse même une réaction alcaline nette ($pH \geqq 9$).

Les deux principaux organes de défense et d'attaque des fourmis dépourvues d'aiguillon et productrices d'acide formique (Camponotines) sont, d'un côté les mâchoires et de l'autre la vessie (incl. les glandes à acide formique), logées les premières dans la tête et les secondes dans l'abdomen. On peut constater un certain antagonisme tête-abdomen; les fourmis qui utilisent, comme moyens de combat, leurs mâchoires, sécrètent relativement peu de HCOOH; par contre, celles dont l'arme principale consiste dans leur sécrétion acide, en produisent le plus. Ainsi les fourmis capables de lancer leur acide à distance, — ce sont surtout la fourmi fauve des bois *Formica rufa* et la fourmi, apparentée des prés, *F. pratensis* — en contiennent jusqu'à 2 mg (et plus) par individu et leur teneur relative d'HCOOH atteint 20 % du poids de la fourmi. Par contre, les fourmis dont les mâchoires constituent l'arme principale ou exclusive, ne sécrètent que peu d'acide formique. Le cas extrême est réalisé par la fourmi esclavagiste, *Polyergus rufescens*, munie de fortes mâchoires en faucilles. Mais notre autre fourmi esclavagiste *Formica sanguinea*, très agressive et apparentée au groupe *F. rufa*, corrobore aussi cette constatation.

Entre ces deux extrêmes, se placent la majorité des autres fourmis, qui utilisent simultanément mâchoires et glande à acide formique, soit qu'elles lâchent en état d'irritation une fine gouttelette de HCOOH, soit qu'elles tâchent d'introduire, en recourbant leur abdomen en avant, un peu d'acide dans les morsures produites par leurs mâchoires. On peut noter également que les espèces plutôt pacifiques ou timides ne produisent que peu d'acide

formique, ce qui est aussi le cas pour les soldats de *Colobopsis truncata*, d'un tempérament plutôt flegmatique. Notons encore que les relations entre le polymorphisme des ouvrières d'une espèce et la production d'acide formique sont complexes et variables.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la viscosité des solutions diluées de désoxyribonucléate de sodium*. Note de M. **Jean Pouyet**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Les valeurs jusqu'ici données pour la viscosité intrinsèque des solutions d'acide thymonucléique sont erronées par suite de l'effet d'orientation moléculaire. On donne ici les valeurs correctes mesurées à gradient de vitesse nul. Ces valeurs sont indépendantes de la concentration en NaCl. Il en est donc de même de la forme et des dimensions de la particule d'A. T. N.

Nous avons étudié deux types de solutions : les unes, désignées par S V contiennent du thymonucléate de sodium préparé par la méthode de Mirsky et Pollister, avec adjonction de fluorure de Na, les autres, désignées par S VIII contiennent du thymonucléate préparé par la même méthode, mais en présence de citrate de soude (1).

Les échantillons ont été préparés par H. Schwander à l'Université de Berne et nous ont été offerts par le Professeur R. Signer, Directeur de l'Institut de Chimie de cette Université.

Des observations antérieures ayant montré que la viscosité de ces solutions, mesurée au capillaire, dépendait de la vitesse d'écoulement (2), nous avons repris les mesures à l'aide d'un viscosimètre de Couette à des gradients de vitesse suffisamment faibles (généralement égaux à $0{,}246\ s^{-1}$) pour que les solutions ne présentent plus d'effet d'orientation.

Nous nous sommes proposé de comparer les résultats obtenus sur des solutions faites dans l'eau distillée et sur des solutions contenant 10 % de chlorure de sodium et qui sont toutes par conséquent à un pH voisin de la neutralité.

1° Nous avons observé, comme il est bien connu (3), que les solutions chlorurées ont, à concentration égale en thymonucléate, une viscosité inférieure à celle des solutions dans l'eau pure. De plus, alors qu'aux plus fortes dilutions utilisées (1.10^{-5} g : cm³ pour S V, 5.10^{-6} g : cm³ pour S VIII),

(1) A. E. Mirsky et A. W. Pollister, *J. Gen. Physiol.*, 36, 1946, p. 117; R. Signer et H. Schwander, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 853; H. Schwander et R. Signer, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 1521.

(2) G. Vallet et H. Schwander, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 2508.

(3) Hammarsten, *Bioch. Z.*, 144, 1924, p. 383; J. P. Greenstein, *J. Nat. Cancer Inst.*, 1, 1940, p. 77.

les solutions en eau pure se comportent comme un liquide normal, il n'en est plus de même pour des dilutions plus faibles : au-dessus des concentrations de l'ordre de 2.10^{-5} g : cm³ pour S V et 1.10^{-5} g : cm³ pour S VIII, les solutions dans l'eau pure semblent présenter des propriétés thixotropiques qui se marquent par l'existence d'un couple de torsion d'abord considérable quand la cuve de l'appareil est mise en rotation, et qui décroît lentement vers une limite bien stable au bout d'un certain temps. C'est la viscosité correspondant à cette limite qui figure dans les tableaux numériques.

Au contraire, dans tout l'intervalle de concentrations étudiées, les solutions chlorurées se comportent comme des liquides normaux.

2° Nous donnons ci-dessous les valeurs de la viscosité spécifique pour les solutions S V et S VIII, avec et sans chlorure de sodium ; $t° = 25°$, $G = 0,246\ s^{-1}$.

	η_{sp}. H_2O.		η_{sp}. NaCl 10 %.	
c(g : cm³).	S V.	S VIII.	S V.	S VIII.
5.10^{-6}	–	0,03	–	–
1.10^{-5}	0,022	0,067	–	–
2 »	0,076	0,165	0,032	0,114
3 »	–	0,293	–	–
4 »	0,362	0,685	0,063	0,223
6 »	0,808	–	0,092	0,346
8 »	–	–	0,132	0,480

Nous en tirons les conclusions suivantes :

a. La viscosité spécifique des solutions dans l'eau pure augmente très rapidement en fonction de la concentration, alors qu'il n'en est pas de même dans les solutions chlorurées;

b. La viscosité intrinsèque $[\eta]$, c'est-à-dire la limite du rapport η_{sp}/c quand $c \to 0$ pour un même échantillon, est indépendante de la teneur en chlorure de sodium.

On trouve que :

$$\text{pour S V : } [\eta] = 1550 \text{ C. G. S.}; \quad \text{pour S VIII : } [\eta] = 5700 \text{ C. G. S.}$$

c. Les solutions salines ou non d'une même espèce de thymonucléate de sodium ayant la même viscosité intrinsèque, la forme et la dimension des macromolécules ne sont pas modifiées par l'introduction du chlorure de sodium ([4]). Il s'ensuit que l'on ne peut imaginer que la molécule de thymonucléate en solution soit une chaîne polyélectrolyte tendue par les forces de répulsion électrostatique des charges que portent ses chaînons, comme c'est

---

([4]) Une semblable conclusion avait déjà été annoncée, mais à partir des mesures moins sûres par A. WISSLER, *Thèse*, Berne, 1940.

le cas par exemple des polyacrylates ([5]). On doit donc attribuer à cette molécule la forme d'un bâtonnet rigide.

Les fortes différences entre les viscosités en solution saline ou non, de même que le phénomène signalé en premier sur les solutions dans l'eau pure, doivent être attribuées à l'existence de forces d'interaction électrostatiques, considérables dans les solutions aqueuses et qui sont très fortement réduites par l'introduction d'électrolytes.

Ces conclusions sont en accord avec celles que l'on tire des résultats obtenus par H. Schwander à partir des mesures de biréfringence d'écoulement sur ces mêmes solutions ([6]).

PHARMACODYNAMIE. — *Sur le mode d'action des hyperthermisants chimiques chez les petits rongeurs.* Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les petits rongeurs de laboratoire, Souris, Rats, Cobayes, sont considérés en général comme de mauvais sujets d'expériences pour l'étude des agents chimiques hyperthermisants. En effet, ces agents restent souvent inefficaces ou ne manifestent qu'une faible efficacité chez ces animaux ([1]). On attribue cette variabilité de l'action des hyperthermisants au développement rudimentaire du mécanisme thermorégulateur de ces mammifères. C'est ainsi que, d'après les auteurs, la β-tétrahydronaphtylamine produit constamment chez le Rat une action hypothermisante au lieu de fièvre, tandis que l'α-dinitrophénol et le bleu de méthylène provoquent tantôt de l'hyperthermie, tantôt de l'hypothermie.

Nous avons constaté nous-même cette action variable des agents pyrétogènes chimiques en étudiant la fièvre β-tétrahydronaphtylaminique chez le Cobaye, qui réagit cependant à l'α-dinitrophénol avec une hyperthermie constante et régulière ([2]). Au contraire, un dérivé voisin, le dinitro-4.6 cyclopentyl-2 phénol, étudié par Casier et ses collaborateurs ([3]) chez le Lapin, le Rat et la Souris, ne semble produire qu'un effet hyperthermique tout à fait négligeable ou même nul.

Nous avons donc repris nos recherches sur l'action hyperthermisante des nitro-dérivés chez le Cobaye, afin d'étudier le rôle de la fièvre provoquée dans

---

([5]) A. H. Aten Jr, *J. Chem. Physics*, 16, 1948, p. 636.

([6]) H. Schwander et R. Signer, *Helv. Chim. Acta*, 34, 1951, p. 1344.

([1]) J. Sivadjian, *Les fièvres et les médicaments antithermiques*, Paris, 1935, chap. III, p. 19.

([2]) Pour la bibliographie, *voir* J. Sivadjian, *loc. cit.*

([3]) *Arch. intern. Pharmacod.*, 50, 1935, p. 397; 55, 1937, p. 141.

la genèse et l'évolution des convulsions épileptiformes que nous avions mises en évidence chez cet animal traité par le chlorhydrate du diéthylamino-1 phénoxy-2 éthane ([4]).

En nous servant du dinitro-4.6 cyclopentyl-2 phénol comme agent hyperthermisant, nous avons constaté que ce corps produit quelquefois chez le Cobaye neuf une fièvre légère, mais souvent et surtout une chute de température importante, pouvant atteindre 2° C. Mais les injections suivantes, faites à quelques jours d'intervalle, deviennent de plus en plus efficaces et l'hyperthermie provoquée, de plus en plus élevée, atteignant même dans certains cas (n°s 3 et 4), 3°,5-4°,8 C.

Les injections ont été effectuées par voie sous-cutanée, à la dose de 20 mg de dinitrocyclopentylphénol par kilogramme, après avoir dissous le phénol dans quelques gouttes de soude, solution décinormale.

Voici quelques exemples :

Dates.	Cobaye n^os.	Poids (g).	Température du début (°C).	Température finale (°C).
21 mai	1	400	39,0	38,6
23 »			39,0	40,6
12 »	2	250	39,1	37,2
14 »			39,2	39,5
19 »			39,5	40,0
21 »			40,0	41,0
23 »	3	350	39,0	38,8
3 juin			39,5	43,2 (*exitus*)
9 »	4	500	39,6	39,2
12 »			39,4	39,6
25 »			39,8	43,0
27 »			39,2	44,0 (*exitus*)
23 »	5	400	39,0	40,0
3 »			39,8	40,7
9 »			39,4	39,6
12 »			39,2	39,8
25 »			39,9	41,3
27 »			39,5	41,2
9 »	6	300	39,6	38,2
12 »			39,2	40,0
25 »			39,5	41,0
27 »			39,5	40,4
9 »	7	350	39,4	38,7
12 »			39,3	40,0
25 »			39,5	41,0
27 »			39,5	41,0

([4]) J. Sivadjian, *C. R. Soc. biol.*, **124**, 1937, p. 1066; *Anesthésie et Analgésie*, 3, 1937, p. 315.

Dates.	Cobaye nos.	Poids (g).	Température du début (°C).	Température finale (°C).
12 mai	8	450	39,2	40,0
14 juin			39,2	42,2
3 mars	9	400	38,9	39,5
5 »			39,1	42,0
9 »			39,4	41,4
14 mai	10	410	39,2	40,3
19 »			39,2	39,2
21 »			39,2	40,0
23 »			39,0	40,6

Les constatations que nous venons de signaler nous ont donc permis d'obtenir, après une période de préparation, des sujets d'expérience, avec un état pyrétique suffisamment élevé pour pouvoir étudier chez eux les modalités d'apparition des convulsions dans des conditions assez analogues à celles qui déclenchent les convulsions infantiles.

MICROBIOLOGIE. — *Séparation des réagines et des immobilisines tréponémiques des sérums par l'ultracentrifugation.* Note (*) de M. **Aron Vaisman** et Mlle **Annette Hamelin**, présentée par M. Gaston Ramon.

Les suggestions de M. Levaditi nous ont engagés à étudier les relations entre les « réagines » des réactions classiques utilisées au diagnostic de la syphilis d'une part, et les « immobilisines tréponémiques » de Nelson et Mayer ([1]) d'autre part. S'agit-il de principes identiques, ou bien d'éléments radicalement dissemblables, du point de vue de leur nature et de leurs propriétés biologiques ? Nous avons attaqué le problème sur le plan physique, en nous adressant à l'ultracentrifugation à grandes vitesses. La méthode utilisée (*voir* ci-dessous) a déjà été appliquée par V. Deutsch et I. Lominski ([2]), lesquels ont montré que les réagines se déposent plus rapidement que les protéines sériques normales, après une ultracentrifugation de sérums positifs, les transformant ainsi en sérums négatifs. Par ailleurs, Nelson, Diesendruck et Zheutlin ([3]) ont prouvé que, du point de vue biologique et chimique, les immobilisines doivent être considérées comme distinctes des réagines.

Technique. — Nous avons utilisé l'ultracentrifugeuse de Bardet, d'après le principe de Henriot et Huguenard. Le rotor contient six tubes de 9 mm

(*) Séance du 19 décembre 1951.

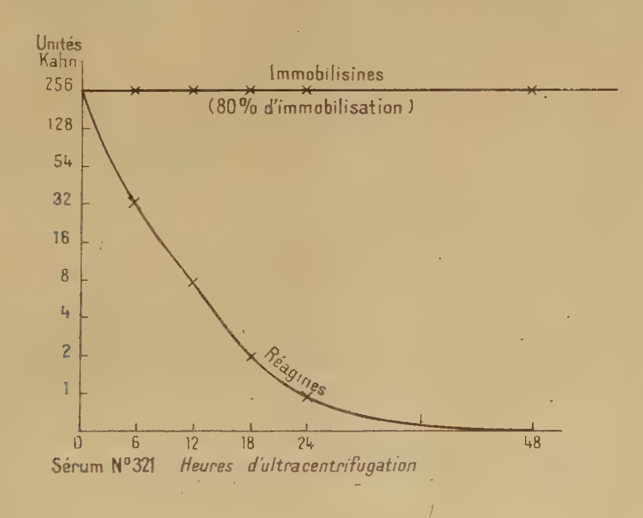
([1]) *J. Exp. Med.*, 89, 1949, p. 369.

([2]) *Bull. Acad. Méd.*, 118, 1937, p. 220.

([3]) *Curr. Progr. Study Ven. Dis.*, 1949 (*Publ. Health Service, Fed. Sec. Agency*).

de diamètre et 21 mm de hauteur. Des sérums présentant des degrés de positivité variés à la sérologie classique et au test de Nelson, ont été soumis à une ultracentrifugation de 80 000 t : mn, pendant 6 à 48 h. Nous avons ensuite comparé le pouvoir immobilisant des sérums non centrifugés et des sérums ultracentrifugés, ainsi que leur teneur en réagines. De plus, nous avons titré les réagines dans le culot de centrifugation repris par l'eau physiologique. Les techniques sérologiques utilisées furent celles de Kahn et de Kline quantitatives, de Kolmer et Demanche qualitatives, et la réaction d'immobilisation des tréponèmes selon la technique de Nelson et Mayer, modifiée par Magnuson et Thompson (4).

Résultats. — 54 sérums ont été examinés, soit individuellement, soit en mélange. La courbe ci-dessous représente la sédimentation des réagines en fonction du temps d'ultracentrifugation; le titre de la réaction de Kahn passe de 256 à 0 après 48 h de centrifugation, tandis que le titre des immobilisines, initialement à 80 %, reste inchangé.



Le tableau ci-après fournit quelques autres exemples de la séparation des réagines et des immobilisines.

Il résulte de ces expériences que l'ultracentrifugation d'un sérum positif élimine en grande partie ou totalement les réagines syphilitiques de ce sérum. Cette action est en fonction de la durée de l'ultracentrifugation et la totalité des réagines se retrouve dans le culot de centrifugation. Au contraire, le pourcentage d'immobilisation des tréponèmes reste inchangé.

(4) *Voir* la bibliographie de : C. Levaditi, *La Presse Médicale*, 59, 1951, p. 1361 et A. Vaisman et A. Hamelin, *ibid.*, 59, 1951, p. 1418.

		Sérum non centrifugé.	Sérum ultracentrifugé pendant 24 h.	Culot de centrifugation.
Sérum n° 323.	Kahn	24 unités	2 unités	24 unités
	Kline	4 »	1 »	4 »
	Nelson	46 %	49 %	–
Sérum n° 322.	Kahn	1 unité	0 unité	1 unité
	Kline	1 »	0 »	1 »
	Nelson	59 %	56 %	–
Mélange des sérums n°s 324 et 326.	Kahn	24 unités	0 unité	24 unités
	Kline	8 »	1 »	8 »
	Nelson	100 %	100 %	–

Conclusion. — Dans les conditions de nos expériences, il nous a été possible de séparer, par l'ultracentrifugation, les « réagines » des « immobilisines tréponémiques » dans les sérums syphilitiques. La différenciation entre ces deux principes, démontrée sur le plan chimique et biologique, se retrouve ainsi confirmée par une technique physique.

MICROBIOLOGIE. — *Sur des lésions testiculaires provoquées chez le Cobaye et chez le Rat par l'endotoxine typhique.* Note de MM. **Albert Delaunay** et **Guy Voisin** transmise par M. Gaston Ramon.

Nous avons montré, au cours d'un précédent travail ([1]), que l'on peut déterminer aisément chez le Cobaye d'importantes lésions testiculaires en injectant des mélanges constitués par un extrait testiculaire de Cobaye et des substances adjuvantes. Dans le même travail, nous avions également indiqué qu'à l'origine de ces lésions il nous paraissait difficile de mettre en cause uniquement des phénomènes d'hypersensibilité, car on pouvait les reproduire en injectant les substances adjuvantes isolées.

Quel est donc le mécanisme de ces lésions? Selon toute vraisemblance, elles doivent être considérées comme non spécifiques et elles méritent, à ce titre, d'être rapprochées des lésions du tissu lymphoïde dont l'apparition, comme on le sait, est fréquente en cas de stress. A cela, d'ailleurs, il n'y a rien d'extraordinaire, attendu que le testicule se caractérise, tout comme les organes lymphoïdes, par une activité cytopoïétique intense.

De tous les agents stressants, un des plus actifs est, sans conteste, l'*endotoxine typhique*. Par plusieurs communications ([2]), nous avons fait connaître nous-mêmes l'effet remarquable de cet extrait bactérien sur le tissu lymphoïde

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, 81, 1951, p. 48.
([2]) *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 87, 203 et 314.

de la Souris et du Rat. Mais alors, notre attention n'étant pas encore attirée par le testicule, nous avions négligé de rechercher l'état de cet organe chez les animaux traités. Il nous a paru intéressant de combler cette lacune. Les nouvelles expériences ici présentées ont porté d'une part sur le Cobaye (animal qui nous avait déjà servi pour la première série de ces recherches) et sur le Rat (parce que celui-ci représente un sujet de choix pour qui se préoccupe de phénomènes de stress).

Expériences sur le Cobaye. — *Première série d'expériences.* — 20 cobayes mâles, pesant environ 300 g, ont reçu, par voie intrapéritonéale, 1 cm³ d'une solution aqueuse d'endotoxine typhique (soit 2/10 de milligramme de produit). Moins de 2 h plus tard, tous les animaux étaient malades. Nous les avons sacrifiés, par section de la carotide, à différents moments : 5, 8 et 18 h après l'injection. Leurs testicules ont été prélevés, fixés dans le liquide de Duboscq-Brazil, enfin coupés et colorés par les méthodes histologiques classiques.

L'examen des lames nous a fourni les résultats suivants.

1° *Lésions tubulaires.* — Surtout marquées au bout de 8 h (18 h après l'injection, il n'est pas rare de noter déjà une réparation du tissu). Cellules de Sertoli : intactes. Spermatogonies : apparemment peu touchées. Spermatocytes et spermatides : détruits pour la plupart. Spermatozoïdes : éliminés. La lumière des tubes, comme celle de l'épididyme, n'est plus occupée que par des cellules immatures plus ou moins dégénérées avec noyaux énormes ou en état de pycnose, éosinophilie et hyalinisation du protoplasme.

2° *Réactions mésenchymateuses.* — Mis à part la congestion intense des capillaires, rien de net. Pas de diapédèse des polynucléaires. Parfois, mais très rarement, infiltrations périvasculaires de cellules rondes.

Seconde série d'expériences. — 10 cobayes mâles, de même provenance que les précédents, ont été éprouvés par deux injections d'endotoxine typhique (soit 2/10 de milligramme) faites à 24 h d'intervalle. Sacrifice des animaux, 48 h après la première injection. Testicules prélevés et traités comme ci-dessus.

Résultats. — Dans l'ensemble, nous avons trouvé sur les lames des *lésions tubulaires* moins intenses que celles que nous avions découvertes au bout de 8 h chez les Cobayes traités par une seule injection d'endotoxine. A côté de tubes altérés se trouvaient des tubes presque normaux.

Réactions mésenchymateuses : faibles. Dans quelques cas toutefois (surtout dans l'épididyme), nette infiltration de polynucléaires.

Expériences sur le Rat. — *Première série d'expériences.* — 40 rats mâles (60 g) ont reçu, par voie intrapéritonéale, 1 cm³ d'une solution aqueuse d'endotoxine typhique (soit 4/10 de milligramme de produit). Animaux rapidement malades, sacrifiés (par asphyxie au gaz) au bout de délais divers : 3, 6, 8 et 24 h. *Testicules et organes lymphoïdes*, prélevés et traités comme ci-dessus.

Résultats. — 1° *Étude des testicules.* — *a. Lésions tubulaires.* — Le plus souvent considérables, notamment sur coupes du tissu prélevé 24 h après l'injection. Lésions comparables aux précédentes à cette remarque près que, chez le Rat, nous avons trouvé beaucoup plus souvent que chez le Cobaye, dans la lumière des tubes, des formations syncitiales arrondies, isolées, renfermant de nombreux noyaux plus ou moins dégénérés.

b. Réactions mésenchymateuses. — Toujours discrètes, hors la congestion vasculaire.

Étude du tissu lymphoïde. — Lésions nettes dans les ganglions, très nettes dans la rate, extrêmement nettes au niveau du thymus. Maximum : 24 h après l'injection. Nous avons donc ici été en mesure de confirmer pleinement nos précédentes observations.

Seconde série d'expériences. — 16 rats (60 g) traités par une injection quotidienne d'endotoxine (4/10 de milligramme) pendant trois jours. Sacrifice, le quatrième jour. Techniques histologiques habituelles.

Résultats. — *Dans le testicule,* lésions tubulaires indiscutables mais plutôt moins intenses que celles observées dans la première série d'expériences. Réactions conjonctives également peu marquées. *Tissu lymphoïde* : lésions pycnotiques relativement discrètes sur la plupart des préparations.

Conclusions. — 1° On peut déterminer chez le Cobaye et chez le Rat d'importantes lésions des tubes séminifères par l'injection d'une dose subléthale d'une endotoxine bactérienne.

2° Les lésions testiculaires provoquées chez le Cobaye par l'endotoxine sont histologiquement comparables à celles que nous avions provoquées chez le même animal avec des mélanges d'extrait testiculaire de cobaye et de substances adjuvantes.

3° Sur le mode de production des lésions en cause, nous reviendrons dans une Note prochaine. Mais nous voulons déjà signaler leur analogie avec les lésions qui apparaissent au même moment dans le tissu lymphoïde.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Contribution à l'étude du pouvoir encéphalitogène latent des souches vaccinales.* Note de MM. **Paul Nelis**, **Alphonse Lafontaine**, **Hubert Massa**, Mme **Suzanne Cleempoel** et M. **Félix Comer**, présentée par M. Gaston Ramon.

On sait, par les travaux de Levaditi et Nicolau [1] puis par ceux de Levaditi et Voet [2], Condréa, Hermann, Thomson et Buchbinder, Byl et Frenkel, Verlinde [3], que diverses souches de vaccin bovin offrent un potentiel encéphalitogène variable d'un échantillon à l'autre et l'on peut admettre que chaque souche de virus, même obtenue à l'état pur par isolement est constituée par des éléments corpusculaires E et M : E représentant les ultragermes à affinité marquée pour le tissu ectodermique proprement dit, M représentant les éléments d'affinité mésodermique. Dans le dermo-vaccin (vaccin bovin) les éléments E dominent; par contre, dans le neuro-vaccin et les vaccins exaltés, les éléments M auront la prédominance, c'est-à-dire que dans le premier, M aura un caractère récessif tandis que dans le second ce sera E qui aura ce caractère secondaire. Par un mécanisme sélectif, le caractère secondaire peut devenir dominant.

Nous avons repris les essais de Levaditi et de ses collaborateurs sur une

(1) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 870; 174, 1922, p. 249; *C. R. S. B.*, 86, 1922, p. 77, 233, 525, 910 et 986; *Ann. Inst. Pasteur*, 67, 1923, p. 1.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 743.

(3) Nous renvoyons pour la bibliographie à une étude ultérieure plus détaillée.

dizaine de souches provenant de l'Office Vaccinogène de l'État à Bruxelles et sur une souche prélevée chez un enfant ayant présenté une légère atteinte d'encéphalite post-vaccinale.

Nous voulions rechercher si la transformation d'une souche à affinité ectodermique en souche à affinité mésodermique ou neurotrope s'effectue de manière constante pour toutes ces souches et après une série de passages équivalente.

La technique employée a été celle décrite antérieurement [1].

Les résultats de ces essais sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Nos de la souche...	3495.	3514.	3513.	5116.	3523.	3526.	3528.	5104.	5108.	Pacco.
1er passage.....	O	O	O	O(HDC)	O	O	O	O	O	O(HDC)
2e »	O	O	O	+ 8 j	O	O	O	O	O	+ 7 j
3e »	O	O	O	+ 4 j	O(HDC)	O	O	O	O	+ 6 j
4e »	O(HDC)	O(HDC)	O	–	O	O(HDC)	O(HDC)	O(HDC)	O	–
5e »	+ 8 j	O	O(HDC)	–	O	O	O	O	O	–
6e »	+ 6 j	O	+ 8 j	–	+ 6 j	+ 7 j	O	+ 6 j	O	–
7e »	–	+ 7 j	+ 6 j	–	+ 6 j	+ 7 j	+ 5 j	+ 9 j	O	–
8e »	–	+ 6 j	–	–	+ 4 j	+ 6 j	+ 6 j	+ 7 j	O	–
9e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 4 j	O	–
10e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 6 j	O	–
11e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 4 j	O	–
12e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 4 j	O	–
13e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 6 j	O	–
14e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 3 j	+ 7 j	–
15e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 6 j	+ 6 j	–

O indique une survie illimitée.
+ indique la mort de l'animal après X jours.
HDC indique l'apparition de caractères hémorragiques et dermonécrotiques de la pustule.

Nous constatons :

1° qu'en règle générale, c'est-à-dire pour sept souches (sur dix), l'exaltation apparaît entre le 5e et le 7e passage, c'est-à-dire que tous les animaux inoculés avec 1 cm^3 d'une émulsion au 1/50 par voie testiculaire meurent entre le 5e et le 10e jour, ce qui confirme les résultats obtenus avec la souche N. L;

2° qu'une souche (5108) n'a montré d'exaltation qu'à partir du 14e passage;

3° que par contre, deux souches (souche 3516 et souche Pacco) ont déjà atteint l'exaltation après deux passages : la souche Pacco provenait des pustules d'un enfant inoculé avec la souche 3516 et ayant présenté des signes d'encéphalite post-vaccinale; cette souche 3516 a donné lieu à plusieurs accidents encéphalitiques.

Il est à remarquer que toutes les souches utilisées proviennent d'une même

---

[1] P. Nélis et A. Lafontaine, *C. R. S. B.*, **142**, 1950, p. 1450.

semence entretenue à l'Office Vaccinogène de l'État de la même façon depuis 30 ans.

Quant aux réactions dermiques, nous avons constaté qu'en général, le caractère hémorragique et dermonécrotique précédait nettement le caractère léthal : nous l'avons régulièrement observé de manière plus ou moins intense après le 3ᵉ et le 4ᵉ passage. Mais pour la souche 5108, le caractère léthal a précédé l'apparition des pustules hémorragiques et dermonécrotiques : les pustules cutanées, alors même que l'animal meurt régulièrement, depuis deux passages ont gardé un caractère normal. Cette remarque et les conditions rigoureuses d'expérimentation permettent d'écarter la contamination accidentelle de cette souche par une autre souche exaltée.

Conclusions. — 1° Pour dix souches examinées, toutes ont montré une possibilité de se transformer en souche encéphalitogène ;

2° Il est étonnant de constater que toutes ces souches provenant d'une même semence ont un pouvoir d'adaptation généralement semblable, mais parmi elles, certaines sont transformées très rapidement tandis que d'autres réclament de nombreux passages avant de devenir encéphalitogènes : cette mutation plus ou moins rapide cadre très bien avec la théorie des mutants E et M de Levaditi ;

3° Ainsi que nous l'avons déjà signalé, si en général le pouvoir dermonécrotique et le pouvoir hémorragique vont de pair et précèdent le caractère léthal, nous avons observé pour la souche 5108 une dissociation entre le pouvoir léthal et le pouvoir hémorragique et dermonécrotique qui ne constitue donc pas un des caractères nécessaires des souches encéphalitogènes.

IMMUNOLOGIE. — *L'intervention de la spécificité dans la formation des dépôts métalliques sur le verre.* Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La formation d'un dépôt métallique sur une surface de verre exige une préparation préalable de la surface, préparation qui consiste à former une couche du type mono-moléculaire, donc invisible et quasi impondérable, avec le métal qui sera déposé ultérieurement. La présence de cette couche élémentaire impose une spécificité comparable à l'adaptation d'un anticorps à son antigène.

La formation d'un dépôt métallique sur une surface de verre met en jeu une spécificité aussi rigoureuse que celle que présentent les phénomènes de l'immunité.

Rappelons d'abord que la métallisation du verre exige, — sauf dans le cas de l'argent qui se dépose directement, — une préparation préalable de la surface à métalliser. Cette préparation consiste à réduire, au contact de la paroi de verre, la solution très diluée d'un sel du métal qui sera déposé ultérieurement : cette réduction doit être effectuée dans des condi-

tions telles que le métal réduit soit amené à l'état de suspension colloïdale. On sait qu'une telle suspension est constituée par des agrégats de cristaux métalliques dont la charge positive est neutralisée par une couche périphérique de l'oxyde correspondant. Au cours de cette formation, le potentiel du granule subit une brusque discontinuité quand il passe de la charge, — positive, — spécifique du métal à celle — négative — spécifique de la micelle colloïdale. Au cours de cette discontinuité, le potentiel passe nécessairement par une valeur compatible avec la décharge du granule (en voie de formation) sur la paroi de verre, paroi toujours chargée négativement par suite de la dissociation superficielle du silicate. Il en résulte le dépôt d'une couche métallique élémentaire, adhérente et dont le potentiel correspond à celui du métal réduit. Le phénomène s'arrête à la formation de cette couche élémentaire, puisque, dès ce moment, la charge de la paroi de verre est neutralisée, tandis que l'excès de réactif en solution continue à évoluer vers la formation d'une suspension colloïdale.

Par suite de son type mono-moléculaire, cette couche élémentaire est invisible : néanmoins, sa présence permet la métallisation de la paroi de verre, dès que l'on réduit le sel métallique correspondant et à condition d'opérer à concentration notable de façon à éviter la formation d'une suspension colloïdale. Inversement, en l'absence de cette préparation préalable, l'opération précédente entraîne seulement la formation d'un précipité métallique rassemblé en boue, mais jamais la métallisation du verre.

1. Un tube à essai est d'abord chauffé vers 70° avec un mélange très dilué d'hydrazine et de tartrate cupro-ammoniacal [1]. On lave à l'eau distillée et l'on recommence l'opération, en opérant, cette fois, avec des solutions concentrées : le tube se revêt rapidement d'un miroir de cuivre.

Un autre tube à essai est traité à 18° par une solution diluée (M/600) d'hydrate d'or additionné d'aldéhyde éthylique : il se forme de l'or colloïdal bleu, l'aspect du tube restant inchangé. On y introduit alors une solution concentrée d'hydrate d'or (M/100) en ajoutant, avec précaution, du peroxyde de sodium : en quelques minutes, la totalité de l'or en solution se dépose sur la paroi du tube.

Enfin, le même cycle d'opérations, répété avec des solutions successivement diluées, puis concentrées, d'hydrate de rhodium et d'hydrazine, conduit à la formation d'un miroir de rhodium.

2. Or, tout l'intérêt de ces opérations consiste dans la spécificité rigoureuse imposée par la couche élémentaire déposée initialement. Le tube préparé avec le cuivre ne se prête à aucune métallisation si on le traite

---

(1) Les conditions expérimentales seront publiées dans les Annales de l'Institut Pasteur.

par les solutions concentrées d'hydrate d'or ou de rhodium : on observe seulement un dépôt de boue métallique, comme dans un tube neuf n'ayant subi aucune préparation. Cette spécificité est mise en évidence par le tableau suivant :

		Couche élémentaire préalable		
		de Cu.	de Au.	de Rh.
Traitement par le mélange	$Cu(OH)_2$ + réducteur........	+	o	o
	$Au(OH)_3$ + réducteur........	o	+	o
	$Rh(OH)_3$ + réducteur........	o	o	+

L'expérience, limitée ici au Cu, Au et Rh, montre la même spécificité avec Sb, Bi et Pt.

Il est à noter que le poids de métal déposé au cours du traitement préalable est de l'ordre de 10^{-7} g : cm², c'est-à-dire que la spécificité est orientée, ici, par des quantités de matières comparables à celles qui sont mises en œuvre en immunologie.

La séance est levée à 15 h 50 mn.

R. C.